



FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE PEDIATRÍA

**ESTUDIO DE LA EFICACIA Y SEGURIDAD DE LOS
CATÉTERES CENTRALES DE INSERCIÓN PERIFÉRICA EN
LA EDAD PEDIÁTRICA, Y DE LA UTILIDAD DE LOS
ULTRASONIDOS EN SU CANALIZACIÓN Y SEGUIMIENTO**

Tesis doctoral

Juan José Menéndez Suso

Licenciado en Medicina y Cirugía
Especialista en Pediatría y sus áreas específicas

Director

Francisco Javier Ruza Tarrío

Catedrático emérito del Departamento de Pediatría
de la Universidad Autónoma de Madrid

Madrid, 2016

***“Vivir no es sólo existir,
sino existir y crear,
saber gozar y sufrir,
y no dormir sin soñar.
Descansar es empezar a morir”***

- Gregorio Marañón -

DEDICATORIA

Esta tesis doctoral está dedicada a todos aquellos niños enfermos que, como Elsa, María Isabel, Alejandro, María Auxiliadora o Ismael, día a día nos contagian su alegría y sus ganas de vivir, y a sus padres, ejemplos admirables de amor, lucha, dedicación y entrega.

También a todos aquellos profesionales sanitarios que trabajan incansablemente para devolverles la salud y para paliar su dolor.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a todos aquellos que, de alguna manera, han contribuido a la realización de este trabajo.

En primer lugar, quiero expresar mi mayor agradecimiento al Profesor Doctor Francisco Javier Ruza Tarrío, por su incondicional dedicación y apoyo, y por haberme sabido transmitir el entusiasmo y la energía necesarias para culminar este proyecto. Durante muchos años, tuve el placer y el honor de trabajar bajo su dirección en el Servicio de Cuidados Intensivos Pediátricos del Hospital Universitario La Paz. De su mano comencé mi andadura en la medicina intensiva y quiero agradecerle todas aquellas enseñanzas que me brindó, no sólo en el plano médico, sino también en el humano. Por ser íntegro, respetuoso y cordial, y por su dedicación y excelencia como médico, siempre será un referente para mí.

Al Dr. Juan José de la Cruz Troca, bioestadístico del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de la Facultad de Medicina de la UAM, por su inestimable ayuda en la gestión, análisis estadístico e interpretación de los resultados obtenidos en la presente tesis.

A todos mis compañeros del Servicio de Cuidados Intensivos Pediátricos, médicos, enfermeras y auxiliares, por su generosa implicación en el proyecto, por su amistad y compañerismo. Quería expresar una especial gratitud a Maite, Mónica, Virginia y Héctor, por su tarea fundamental en la elaboración de los protocolos iniciales y por su trabajo y entusiasmo con los talleres de formación.

A todos los médicos de los Servicios de Gastroenterología, Hepatología, Hematología, Patología Compleja, Neumología, Cardiología, Enfermedades

Infecciosas y Nefrología del Hospital, por haberme confiado sus pacientes para la realización de este estudio y por haberme facilitado enormemente su seguimiento.

A mis padres, Blanca y Juan José, a los que les debo todo lo que soy. Porque con su ejemplo de amor y entrega inagotables como padres y abuelos, y por su buen hacer como como médicos, son mi luz y mi guía en el día a día. A mi hermana Blanca, porque su fortaleza, entrega y dedicación son fuente de inspiración para mi.

A mi esposa, Paula, por permanecer siempre a mi lado, por su alegría y generosidad, y por ser mi mejor seguro de vida y la mejor madre de mis hijos. Y a mis hijos, Rodrigo y María, por ser la alegría y el sentido de mi vida. Ahora que “papi ha terminado ya la tesis”, me empeñaré en devolverles todo el tiempo que les haya podido robar durante su elaboración.

A mis tíos Alfonso y Marisa, por su cariño y por sus buenos consejos durante la redacción de la tesis.

Y, por último, al resto de familiares y amigos, por su apoyo y palabras de ánimo.

ABREVIATURAS

CICVC: Catéter central de inserción central.

CIP: Cuidados Intensivos Pediátricos.

CVC: Catéter venoso central.

HULP: Hospital Universitario La Paz.

PICC: Catéter central de inserción periférica.

PVC: Presión venosa central.

TEP: Tromboembolismo pulmonar.

TVS: Trombosis venosa superficial.

TVP: Trombosis venosa profunda.

UCI: Unidad de Cuidados Intensivos.

VVP: Vía venosa periférica.

INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	IX
JUSTIFICACIÓN	1
INTRODUCCIÓN	5
I. ACCESOS VASCULARES. CONCEPTOS GENERALES Y PARTICULARIDADES EN EL PACIENTE PEDIATRICO	7
II. RECUERDO HISTÓRICO	12
III. CATÉTERES CENTRALES DE INSERCIÓN PERIFÉRICA (PICCs)	19
1. Descripción y características del dispositivo	19
2. Ventajas	20
3. Inconvenientes	22
4. Indicaciones	24
5. Contraindicaciones	25
6. Procedimiento de inserción	26
6.1 Técnica de inserción con aguja mariposa.	
6.2 Técnica de inserción con aguja pelable.	
6.3 Técnica de inserción con cánula introductora pelable montada sobre aguja.	
6.4 Técnica de introducción con método Seldinger o Seldinger modificado.	
7. Cuidados y mantenimiento durante su permanencia	32
7.1 Cuidado del punto de inserción y de la fijación.	
7.2 Prevención de la oclusión.	
7.3 Prevención de la infección.	
8. Complicaciones relacionadas con su uso	38
8.1 Complicaciones durante la inserción.	
8.2 Complicaciones durante la permanencia:	
a) Complicaciones globales.	
b) Complicaciones mecánicas.	
c) Complicaciones infecciosas.	
d) Complicaciones trombóticas.	

e) Complicaciones por malposición de la punta.

IV.	TECNICA DE CANALIZACION ECOGUIADA DE PICCs	51
1.	Técnicas de canalización clásicas	52
2.	Técnica de canalización ecoguiada	53
2.1	El ecógrafo y las sondas.	
2.2	Descripción de la técnica.	
2.3	Descripción del procedimiento.	
2.4	Entrenamiento en la técnica de canalización ecoguiada	
HIPÓTESIS		69
OBJETIVOS		73
PACIENTES Y MÉTODOS		77
I.	LUGAR EN EL QUE SE REALIZÓ EL ESTUDIO	79
II.	APROBACIÓN DEL PROTOCOLO DEL ESTUDIO POR EL CEIC	79
III.	DESCRIPCION DEL PROTOCOLO DE ESTUDIO	79
1.	Diseño del estudio. Criterios de inclusión y exclusión	79
2.	Fases del estudio	80
2.1	Fase de evaluación inicial del paciente.	
2.2	Fase de reclutamiento del paciente.	
2.3	Fase de inserción del PICC.	
2.4	Fase de seguimiento del PICC.	
3.	Plan de cuidados y mantenimiento del PICC	91
IV.	DEFINICIONES	93
V.	RECOGIDA Y ALMACENAMIENTO DE DATOS	95
VI.	ESTUDIO ESTADÍSTICO	96
1.	Gestión y procesado de datos	96
2.	Análisis estadístico	97
2.1	Estadística descriptiva.	
2.2	Estadística analítica.	

RESULTADOS 99

I.	DESCRIPCION DE LA POBLACION DE ESTUDIO	101
1.	Número de catéteres insertados y de pacientes seguidos	101
2.	Características sociodemográficas	102
3.	Características clínicas	103
II.	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROCEDIMIENTO DE INSERCIÓN	105
1.	Número de operadores por procedimiento	106
2.	Empleo de sedación durante el procedimiento	106
3.	Localización de la inserción	106
4.	Características de los PICCs insertados	107
5.	Características de las venas puncionadas	108
6.	Características del procedimiento de inserción	108
III.	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SEGUIMIENTO DE LOS PICCs	111
1.	Tiempo de permanencia	111
2.	Motivo de retirada	113
IV.	ESTUDIO DEL IMPACTO DEL NÚMERO DE OPERADORES SOBRE EL ÉXITO DEL PROCEDIMIENTO DE INSERCIÓN Y LA APARICIÓN DE COMPLICACIONES POSTERIORES	120
V.	ESTUDIO DE LAS COMPLICACIONES TROMBÓTICAS	127
VI.	ESTUDIO DE LAS COMPLICACIONES INFECCIOSAS	139
VII.	ESTUDIO DE LAS COMPLICACIONES MECÁNICAS	143

DISCUSIÓN 149

I.	SOBRE LA POBLACION DE ESTUDIO	151
II.	SOBRE LA EFICACIA DE LOS PICCs	153
III.	SOBRE LA SEGURIDAD DE LOS PICCs	158
1.	Sobre las complicaciones trombóticas relacionadas con los PICCs ..	158
1.1	Sobre la incidencia de las complicaciones trombóticas.	
1.2	Sobre los factores de riesgo de la TVS.	
1.3	Sobre los factores de riesgo de la TVP.	
2.	Sobre las complicaciones infecciosas relacionadas con los PICCs ...	169
2.1	Sobre la incidencia de las complicaciones infecciosas.	

2.2	Sobre los microorganismos implicados y los posibles mecanismos patogénicos.	
2.3	Sobre los factores de riesgo de las complicaciones infecciosas.	
3.	Sobre las complicaciones mecánicas relacionadas con los PICCs	179
3.1	Sobre la incidencia de las complicaciones mecánicas.	
3.2	Sobre los factores de riesgo relacionados con la obstrucción.	
3.3	Sobre los factores de riesgo relacionados con la salida.	
IV.	SOBRE LA UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA EN LA CANALIZACIÓN DE LOS PICCs	186
V.	SOBRE LA UTILIDAD DE LA ECOGRAFIA EN EL SEGUIMIENTO DE LOS PICCs	192
VI.	SOBRE EL IMPACTO DEL NUMERO DE OPERADORES EN EL ÉXITO DE INSERCIÓN DEL PICC Y EN LA APARICIÓN DE COMPLICACIONES DURANTE SU PERMANENCIA	198
VII.	LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL ESTUDIO	203
	CONCLUSIONES	207
	RESUMEN	213
	BIBLIOGRAFÍA	219
	ACTIVIDAD CIENTÍFICA RELACIONADA	245
	ANEXO	249

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Características principales de los catéteres venosos más empleados en la edad pediátrica.	8
Tabla 2.	Ventajas de los PICCs.	21
Tabla 3.	Inconvenientes de los PICCs.	23
Tabla 4.	Indicaciones para la inserción de un PICC.	25
Tabla 5.	Contraindicaciones para la inserción de un PICC.	26
Tabla 6.	Grupo de medidas (bundle) del GAVeCeLT para la prevención de la infección sistémica relacionada con los PICCs.	36
Tabla 7a.	Definiciones de los diferentes tipos de infecciones locales relacionadas con catéter. Adaptado de : Randolph AG, et al. <i>Pediatr Crit Care Med</i> 2005. ^[150]	46
Tabla 7b.	Definiciones de los diferentes tipos de infecciones sistémicas relacionadas con catéter. Adaptado de : Randolph AG, et al. <i>Pediatr Crit Care Med</i> 2005. ^[150]	47
Tabla 8.	Ventajas de la inserción ecoguiada de PICCs en comparación con la técnica ciega o de referencias anatómicas.	55
Tabla 9.	Inconvenientes de la inserción ecoguiada de PICCs en comparación con la técnica ciega o de referencias anatómicas.	56
Tabla 10.	Ventajas e inconvenientes de los principales métodos de canalización ecoguiada.	60
Tabla 11.	Factores a tener en cuenta a la hora de seleccionar la vena a canalizar y el tamaño del PICC a insertar.	64
Tabla 12.	Indicaciones y contraindicaciones establecidas por el protocolo de estudio para la inserción de un catéter PICC.	81
Tabla 13.	Calibre de los PICCs recomendados por el protocolo de estudio en función del calibre de la vena a canalizar.	86
Tabla 14.	Modelos, calibres, número de luces y longitudes de los PICCs empleados en el estudio.	86
Tabla 15.	Datos demográficos y clínicos de la población analizada en el estudio.	103
Tabla 16.	Datos del procedimiento de inserción de los PICCs analizados.	105
Tabla 17.	Resumen de los datos del seguimiento de los PICCs analizados.	111
Tabla 18.	Número de PICCs, porcentaje parcial y acumulado en función del tiempo de permanencia.	113

Tabla 19.	Número, porcentaje, densidad de incidencia y mediana del tiempo hasta su presentación de las complicaciones que motivaron la retirada de los PICCs.	117
Tabla 20.	Número, porcentaje y densidad de incidencia de todas complicaciones relacionadas con los PICCs detectadas en el estudio, independientemente de si motivaron la retirada del catéter o no.	118
Tabla 21.	Proporción de complicaciones mecánicas y trombóticas que obligaron a la retirada del PICC.	119
Tabla 22.	Comparación de los PICCs canalizados por 1 o 2 operadores.	121
Tabla 23.	Medias y medianas de los tiempos de canalización y procedimiento a lo largo de los años del estudio, en función del número de operadores.	122
Tabla 24.	Medianas de los tiempos de canalización y procedimiento a lo largo de los años del estudio, en función del número de operadores	123
Tabla 25.	Porcentajes de éxito acumulados de ambos métodos de inserción en función del número de punción y del año del estudio.	126
Tabla 26.	Distribución de los casos de trombosis venosa relacionada con el PICC detectados en el estudio.	127
Tabla 27.	Distribución de las variables del estudio en función de la ausencia o de la presencia de trombosis relacionada con el PICC.	129
Tabla 28.	Análisis de regresión logística univariante para la identificación de factores de riesgo de TVS y TVP relacionadas con el PICC.	135
Tabla 29.	Análisis multivariante de regresión logística y de Cox para la TVS y TVP asociada a PICC.	136
Tabla 30.	Gérmenes causantes de las complicaciones infecciosas relacionadas con los PICCs encontradas en el estudio.	140
Tabla 31.	Análisis de regresión logística univariante para la identificación de factores de riesgo de infección relacionada con el PICC.	141
Tabla 32.	Análisis de regresión logística multivariante para la identificación de factores de riesgo de infección relacionada con el PICC.	142
Tabla 33.	Tasa y densidad de incidencia de las complicaciones mecánicas relacionadas con los PICCs.	143
Tabla 34.	Análisis de regresión logística univariante para la detección de factores de riesgo de obstrucción del PICC.	144
Tabla 35.	Análisis de regresión logística multivariante para la detección de factores de riesgo de obstrucción del PICC.	145

Tabla 36.	Análisis de regresión logística univariante para la detección de factores de riesgo de salida accidental del PICC.	146
Tabla 37.	Análisis de regresión logística multivariante para la detección de factores de riesgo de salida accidental del PICC.	147
Tabla 38.	Diámetro mínimo recomendado de la vena periférica para permitir la colocación de los diferentes tamaños de PICCs, manteniéndose un ratio catéter-vena <0,33.	164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Clasificación de los catéteres venosos en función de la vena puncionada, de su recorrido y de la localización final de la punta.	8
Figura 2.	Catéteres venosos centrales: de inserción periférica (PICC), de inserción central no tunelizados (CVC), tunelizados sin reservorio (tipo Hickman) y con reservorio (tipo Port).	10
Figura 3.	Algoritmo de decisión para la selección del catéter venoso más adecuado. Modificado de: Simonov M, et al. J Hosp Med. 2015;10(7):471-8.	12
Figura 4	Ilustraciones sobre el aparato circulatorio del Leonardo da Vinci.	13
Figura 5.	Miguel Servet (izquierda) y William Harvey (derecha) padres del conocimiento de la circulación sanguínea en el humano.	14
Figura 6.	Primera transfusión atribuida al Dr. Richard Lower entre un cordero y un humano.	15
Figura 7.	Alexander Wood (izquierda) y Charles Gabriel Pravaz (derecha), inventores de las primeras agujas hipodérmicas, precursoras de las actuales.	16
Figura 8.	Descripción de la técnica descrita por el doctor Sven-Ivar Seldinger.	17
Figura 9.	Técnica Seldinger clásica y sus modificaciones, para la inserción de catéteres endovasculares.	18
Figura 10.	Esquema de la inserción y el diseño de los PICCs.	20
Figura 11.	Preparación para el procedimiento de inserción tomando medidas de máxima asepsia.	27
Figura 12.	Procedimiento general de inserción del PICC.	28
Figura 13.	Técnica de inserción con aguja mariposa (no pelable).	29
Figura 14.	Técnica de inserción con aguja pelable.	30
Figura 15.	Técnica de inserción con cánula introductora pelable montada sobre aguja.	31
Figura 16.	Técnica de inserción por método Seldinger modificado.	32
Figura 17.	Diferentes métodos de fijación de los PICCs (adhesivos y con sutura) y de oclusión del punto de inserción (con apósito de gasa o con apósito transparente).	33
Figura 18.	Comprobación del reflujo de sangre y administración de solución de sellado.	35

Figura 19.	Principales medidas para la prevención de la infección relacionada con el PICC.	37
Figura 20.	Complicaciones relacionadas con los PICCs. Tomado de: Amerasekera et al. Clin Radiol 2009. ^[136]	40
Figura 21.	Clasificación etiopatogénica, métodos diagnósticos y medidas terapéuticas de las obstrucciones relacionadas con catéteres. Tomado de: Baskin JL, et al. Lancet 2009. ^[141]	42
Figura 22.	Diferentes tipos de obstrucción de los PICCs.	43
Figura 23.	Salida accidental parcial por pérdida de los puntos de fijación a piel.	44
Figura 24.	Imágenes ecográficas en las que se muestra una trombosis parcial (1: transversal; 2: longitudinal) y una trombosis completa (3: transversal; 4: longitudinal) de una vena basílica canalizada con un PICC.	49
Figura 25.	Imágenes de puntas de PICCs mal posicionadas.	51
Figura 26.	Recomendaciones internacionales basadas en la evidencia sobre la utilización de los ultrasonidos en la canalización vascular de pacientes pediátricos. Tomado de: Lamperi M, et al. Intensive Care Med 2012. ^[54]	55
Figura 27.	Ecógrafos compactos usados habitualmente para la canalización vascular ecoguiada. El equipo de la izquierda (Sonosite MicroMaxx™) es el ecógrafo que se empleó para la canalización de todos los catéteres insertados en este estudio.	56
Figura 28.	Imágenes ecográficas obtenidas con diferentes modos de exploración.	57
Figura 29.	Esquema de la sonda lineal, comúnmente empleada para la realización de la técnica de canalización vascular ecoguiada, y de la imagen ecográfica generada por ella.	58
Figura 30.	Sondas lineales para canalización vascular ecoguiada, con diferentes tamaños y formas. De izquierda a derecha: sonda tipo Hockey-stick, sonda lineal pediátrica (huella 2,5 cm) y sonda lineal de adulto (huella 5 cm).	59
Figura 31.	Esquema e imagen ecográfica de la canalización vascular ecoguiada con la combinación longitudinal-en plano.	61
Figura 32.	Esquema e imagen ecográfica de la canalización vascular ecoguiada con la combinación transversal-fuera de plano.	62
Figura 33.	Evaluación ecográfica inicial del capital venoso central y periférico del paciente.	63
Figura 34.	Procedimiento de canalización ecoguiada de catéteres PICC.	65

Figura 35.	Simulador Peter PICC para el entrenamiento específico de la técnica de canalización ecoguiada de PICCs.	67
Figura 36.	Esquema de las diferentes fases del estudio.	80
Figura 37.	Ecógrafo Sonosite® MicroMaxx™ y sonda lineal de alta frecuencia (L25e) empleadas en el estudio.	82
Figura 38.	Evaluación ecográfica inicial del capital venoso central y periférico del paciente.	83
Figura 39.	Inserción ecoguiada de un PICC realizada por uno (fila superior) y por dos (fila inferior) operadores, detallándose la posición de las manos en ambos procedimientos.	84
Figura 40.	Preparación para la realización del procedimiento de inserción ecoguiada del PICC, con medidas de máxima barrera y técnica aséptica.	87
Figura 41.	Procedimiento de inserción ecoguiada del PICC.	89
Figura 42.	Seguimiento del PICC en un paciente hospitalizado.	90
Figura 43.	Seguimiento del PICC en un paciente en régimen ambulatorio.	90
Figura 44.	Diagrama de flujo que resume el número de pacientes reclutados y finalmente analizados en el estudio.	101
Figura 45.	Histograma con la distribución de los casos por edad.	102
Figura 46.	Histograma con la distribución de los casos por peso.	102
Figura 47.	Distribución de los Servicios solicitantes de la inserción del PICC.	104
Figura 48.	Distribución de los procedimientos realizados por uno o dos operadores en los tres años del estudio.	106
Figura 49.	Características de los PICCs empleados en el estudio.	107
Figura 50.	Histogramas con la distribución de los casos en función del calibre de la vena y del ratio catéter-vena.	108
Figura 51.	Técnicas empleadas en la canalización de los PICCs.	109
Figura 52.	Número de venas y punciones hasta la colocación canalización exitosa.	109
Figura 53.	Porcentaje acumulado de éxito en la canalización en función del número de intentos.	110
Figura 54.	Clasificación de las localizaciones finales de las puntas de los PICCs.	110
Figura 55.	Curva de Kaplan-Meier con la supervivencia acumulada hasta la retirada de los PICCs.	112
Figura 56.	Histograma con la distribución de los PICCs según el tiempo de permanencia.	112
Figura 57.	Motivos de retirada de los PICCs.	113

Figura 58.	Box-plots que representan las medianas de tiempos de inserción hasta los diferentes motivos de retirada (A) y hasta cada una de las complicaciones que obligaron a la retirada del PICC (B). Comparaciones por método de Mann-Whitney.	114
Figura 59.	Número de casos (izquierda) y porcentajes (derecha) de los diferentes motivos de retirada de los P ICCs, en función de la duración del tiempo de permanencia.	115
Figura 60.	Curvas de Kaplan-Meier con la supervivencia acumulada hasta la retirada del P ICC sin complicaciones. A: Curva de supervivencia de toda la cohorte analizada. B: Curva de supervivencia durante los tres primeros meses de inserción del P ICC.	116
Figura 61.	Complicaciones que motivaron la retirada de los P ICCs.	116
Figura 62.	Número (izquierda) y porcentajes (derecha) de las complicaciones que motivaron la retirada de los P ICCs del estudio, en función del tiempo de permanencia del P ICC.	117
Figura 63.	Box-plot con la evolución de los tiempos de canalización (izquierda) y de procedimiento (derecha) a los largo de los años del estudio, en función del número de operadores. Comparación año por año de los dos tiempos entre ambos grupos.	122
Figura 64.	Box-plot de los tiempos de canalización (izquierda) y de procedimiento (derecha) a los largo de los años del estudio, en función del número de operadores. Comparación de la evolución de los dos tiempos a lo largo de los años dentro de cada grupo.	123
Figura 65.	Porcentaje acumulado de éxito en la canalización en función del número de punciones realizadas. Comparación del éxito acumulado por punción conseguido por ambos métodos (Chi-cuadrado o Mann-Whitney).	124
Figura 66.	Porcentaje de éxito de inserción acumulado por número de punción, en función del método (1 Vs 2 operadores) y del año de estudio. Comparación del éxito acumulado por punción conseguido por ambos métodos (Chi-cuadrado o Mann-Whitney).	125
Figura 67.	Porcentaje de éxito de inserción acumulado por número de punción, en función del método (1 Vs 2 operadores) y del año de estudio. Comparación del éxito acumulado por punción conseguido por ambos métodos (Chi-cuadrado o Mann-Whitney).	125
Figura 68.	Exploraciones ecográficas de venas libres de trombos.	127

Figura 69.	Exploraciones ecográficas de venas con trombosis relacionada con el PICC.	128
Figura 70.	Box-plot con el tiempo desde la inserción hasta las complicaciones trombóticas. Comparativa por el método de Mann-Whitney.	130
Figura 71.	Incidencia acumulada de las diferentes formas de trombosis relacionadas con los PICCs en función del tiempo de permanencia.	131
Figura 72.	Curvas de supervivencia de Kaplan-Meier de los tres tipos de trombosis relacionadas con los PICCs y comparación de las mismas por parejas según el método Log-Rank (Mantel-Cox).	131
Figura 73.	Curvas de Kaplan-Meier con la probabilidad de supervivencia libre de los tres tipos de trombosis en función del tiempo de permanencia del PICC.	132
Figura 74.	Situación de las venas canalizadas en la exploración ecográfica realizada tras la retirada del PICC.	133
Figura 75.	Sintomatología de las trombosis venosas superficiales relacionadas con los PICCs.	133
Figura 76.	Sintomatología de las trombosis venosas profundas relacionadas con los PICCs.	134
Figura 77.	Curvas de regresión polinómica para la tasa de trombosis total, TVS aislada y TVP (aislada y combinada) en función del ratio catéter-vena.	137
Figura 78.	Análisis de curva ROC en el que se representa la sensibilidad y la especificidad de los diferentes valores del ratio catéter-vena para la predicción de TVS (aislada) y de TVP (aislada y asociada a TVS) relacionadas con el PICC.	138
Figura 79.	Curvas de Kaplan-Meier con la supervivencia acumulada libre de TVS aislada y de TVP combinada relacionadas con el PICC, en función del ratio catéter-vena $<0,33$ o $\geq 0,33$.	138
Figura 80.	Esquema de las complicaciones infecciosas relacionadas con el PICC detectadas en el estudio.	139
Figura 81.	Box-plot con el tiempo desde la inserción hasta las complicaciones infecciosas. Comparativa por el método de Mann-Whitney.	140
Figura 82.	Complicaciones mecánicas relacionadas con los PICCs.	143
Figura 83.	Tasas de infección relacionada con diferentes dispositivos de acceso vascular. Tomado de: Maki DG, et al. Mayo Clin Proc 2006. ^[28]	173
Figura 84.	Posibles mecanismos de la infección relacionada con catéter. Modificada de: Safdar N, et al. Intensive Care Med 2004. ^[257]	176

- Figura 85.** Propuesta de algoritmo de seguimiento ecográfico de los niños portadores de PICCs. 195
- Figura 86.** Imágenes del curso de formación en la canalización ecoguiada de PICCs que se realiza periódicamente en el Servicio de Cuidados Intensivos Pediátricos, y que se puso en marcha a raíz de los resultados del presente estudio. 202

JUSTIFICACION



JUSTIFICACION

El empleo de tratamientos intravenosos durante periodos de tiempo prolongados, es con frecuencia necesario en el manejo terapéutico de niños con enfermedades graves, crónicas o complejas. En este tipo de pacientes, la realización de múltiples extracciones de sangre con fines diagnósticos o de monitorización, es también habitual. Para cumplir con estas exigencias, habitualmente se emplean catéteres venosos centrales (CVCs). Sin embargo, la selección del catéter más adecuado para cada paciente no siempre es fácil. Tradicionalmente, los CVCs más empleados para el manejo del paciente agudo han sido los de corta duración de inserción central, mientras que para el manejo del paciente crónico o complejo, se suele recurrir a los de larga duración tunelizados. A pesar de que, en la mayoría de los casos, estos catéteres cumplen con sus objetivos terapéuticos, ocasionalmente desencadenan complicaciones de tipo mecánico, infeccioso o trombótico, que pueden, incluso, comprometer la vida del paciente.

El Hospital Universitario La Paz (HULP) es actualmente centro de referencia nacional para múltiples patologías pediátricas crónicas o complejas, y el único hospital español acreditado para la realización de todo tipo de trasplantes en niños. El Servicio de Cuidados Intensivos Pediátricos (CIP) del HULP, del que formo parte de la plantilla médica, tiene amplia experiencia en el manejo de estos pacientes, ya que se encarga de su atención en los momentos de descompensación aguda o tras la realización de intervenciones quirúrgicas o procedimientos invasivos. Además, con mucha frecuencia, los médicos de CIP somos los encargados de insertar los CVCs no tunelizados, necesarios para su tratamiento. A pesar de que este es un procedimiento rutinario en nuestro Servicio, con cierta frecuencia nos encontramos dificultades o limitaciones para su consecución, especialmente en niños con enfermedades crónicas, que han portado previamente catéteres durante periodos de tiempo prolongados o diferentes localizaciones.

Desde el año 2008, en el CIP-HULP se implantó la técnica de ecoguiado para la realización de procedimientos invasivos, siendo de especial utilidad en la canalización vascular. Desde entonces, las tasas de fracaso en la canalización y de complicación durante el procedimiento han sido muy reducidas. Actualmente, todo el equipo médico la utilizamos de manera rutinaria, y su aprendizaje forma ya parte del programa de formación específico de los residentes de pediatría que, durante su último año de residencia, se forman en CIP. Además, el empleo rutinario de la ecografía, nos ha permitido demostrar que, con demasiada frecuencia, los pacientes crónicos o complejos presentan trombosis venosas profundas, relacionadas con catéteres insertados o ya retirados, casi siempre silentes desde el punto de vista clínico, y que limitan o impiden la canalización de nuevos catéteres

por agotamiento vascular. La preocupación por este hallazgo, y el interés por mejorar el manejo clínico de nuestros pacientes en lo que se refiere al uso de los accesos vasculares, fue, en definitiva, lo que suscitó el desarrollo de este estudio y la elaboración final de la presente tesis doctoral.

Con este objetivo, en el año 2011, en el CIP-HULP se planteó la posibilidad de fomentar el uso de catéteres centrales de inserción periférica (PICCs). Hasta ese momento, su empleo en nuestro hospital era muy excepcional. Esta propuesta estuvo fundada en que multitud de estudios, realizados esencialmente en adultos, defendían que los PICCs eran dispositivos muy versátiles, seguros y coste-eficientes, que permitían tanto la administración de tratamientos intravenosos durante periodos de tiempo prolongados, como la realización de extracciones de sangre, y que, además, eran estables y confortables, y favorecían el alta precoz y el manejo ambulatorio del paciente.^[1-7] Además, algunos estudios puntuales también defendían su uso en niños, especialmente considerando que, en los últimos años, se habían comercializado catéteres de calibre reducido, que se insertaban con técnicas poco lesivas (micro-Seldinger), y se comenzaba a demostrar la utilidad de la ecografía para guiar su colocación.^[8-14] Por todas estas características, pensamos que los PICCs podrían ser los catéteres ideales para el manejo de multitud de situaciones clínicas, especialmente en pacientes con patologías crónicas o complejas, respetando su capital venoso central.

Sin embargo, su empleo en la población de pacientes de nuestro hospital, habitualmente afectados de enfermedades crónicas o complejas, suscitó algunas cuestiones y preocupaciones, que la evidencia científica acumulada hasta ese momento, por los escasos estudios pediátricos publicados, no era capaz de resolver.

Por todo lo anterior, y coincidiendo con la incorporación de la inserción de PICCs en los pacientes pediátricos de nuestro hospital, planteamos la realización del presente estudio, para intentar evaluar su eficacia y seguridad, así como la utilidad de la ecografía en su inserción y seguimiento.

INTRODUCCION

INTRODUCCIÓN

I. ACCESOS VASCULARES. CONCEPTOS GENERALES Y PARTICULARIDADES EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO.

El procedimiento por el cual se introduce un dispositivo endovascular en el interior de un vaso sanguíneo se denomina canalización, canulación o cateterización vascular. Los dispositivos que con más frecuencia se introducen en los vasos sanguíneos son agujas para la realización puntual de extracciones de sangre, y catéteres, para permitir la administración de fluidos, fármacos y hemoderivados.^[15]

La canalización vascular es uno de los procedimientos más habituales en los hospitales pediátricos, ya que, en la atención del niño enfermo, con mucha frecuencia se requiere la administración de fármacos por vía intravenosa, tanto con fines diagnósticos como, esencialmente, terapéuticos. Además, especialmente en los niños con enfermedades graves y crónicas, también es habitual la práctica de múltiples extracciones de sangre, para la realización de estudios analíticos.^[16]

Sin embargo, con cierta frecuencia la canalización vascular en el niño puede resultar un reto. Esto es especialmente cierto cuando se practica sobre recién nacidos, lactantes, niños en situación crítica o que sufren enfermedades crónicas.^[17] En ellos, el pequeño calibre de las venas, la distorsión de la anatomía o el progresivo agotamiento del capital venoso, pueden dificultar enormemente su consecución.

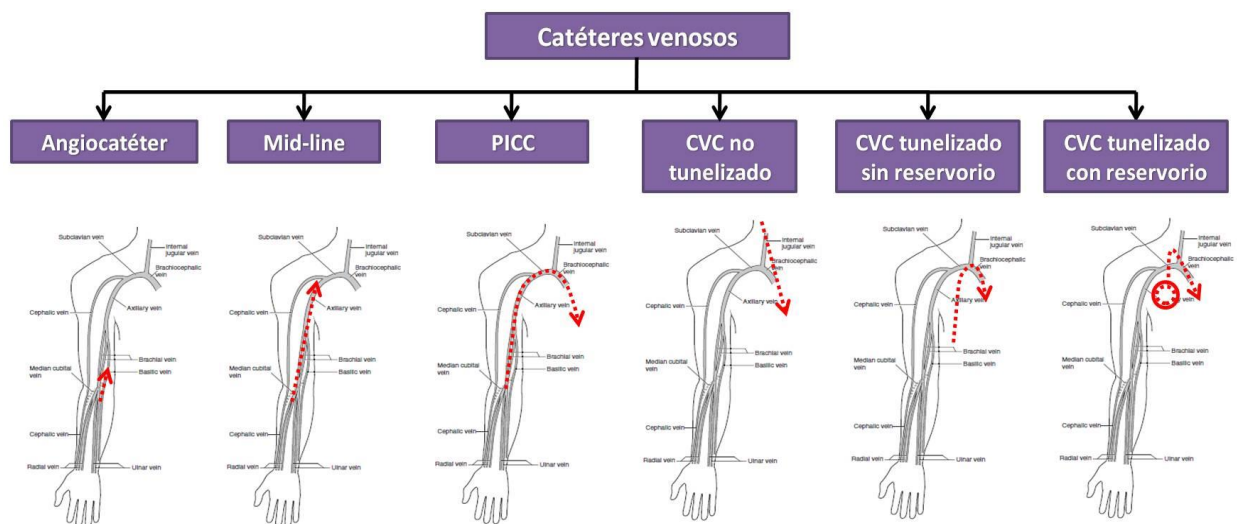
Actualmente, éste procedimiento lo realizan una gran variedad de profesionales sanitarios, incluyendo médicos, enfermeras y personal parasanitario, tanto en medio hospitalario como extrahospitalario. La experiencia y el entrenamiento específico son factores claves para conseguir elevadas tasas de éxito con mínimas complicaciones.^[18]

Como se mencionaba anteriormente, uno de los objetivos más habituales a la hora de realizar una canalización vascular es la inserción de un catéter en el interior del vaso puncionado. Los catéteres son unos dispositivos tubulares, fabricados habitualmente con diferentes materiales plásticos biocompatibles, diseñados para ser colocados en el interior de los vasos sanguíneos, y para permitir la administración intravenosa de fármacos, fluidos y hemoderivados. Actualmente se comercializan una gran cantidad de catéteres con calibres, longitudes, número de luces y métodos de inserción y fijación muy variables. La elección de un determinado tipo de catéter no siempre es fácil, pero puede ser determinante a la hora de

cubrir con éxito las necesidades terapéuticas del paciente. Esta decisión dependerá de factores como las particularidades clínicas y las necesidades terapéuticas del enfermo, las características del vaso que se pretende canalizar, el diseño y el material del catéter que se vaya a colocar, el tiempo estimado de permanencia del catéter, y la experiencia y preferencia del operador.^[19-20]

Por un lado, la canalización de un vaso arterial puede ser necesaria tanto para la monitorización invasiva de la presión arterial, especialmente útil en pacientes con inestabilidad hemodinámica o durante intervenciones quirúrgicas mayores, así como para la extracción de muestras de sangre arterial, lo que es determinante para la correcta monitorización gasométrica en aquellos pacientes en situación de insuficiencia respiratoria o que precisan tratamiento con ventilación mecánica. En ocasiones, la canalización arterial también es necesaria para la realización de procedimientos diagnósticos (arteriografías) o terapéuticos (colocación de dispositivos endovasculares).^[21]

Figura 1. Clasificación de los catéteres venosos en función de la vena puncionada, de su recorrido y de la localización final de la punta.



Sin embargo, la canalización de un vaso venoso se requiere con mucha más frecuencia que la de uno arterial, especialmente en la atención del niño enfermo, siendo la indicación más habitual la necesidad de administrar fármacos intravenosos. Una de las clasificaciones más útiles en la práctica clínica de los catéteres venosos, es aquella que tiene en cuenta, por un lado, cuál es la vena puncionada y, por otro, dónde se localiza finalmente la punta del catéter insertado. Atendiendo a estas dos características se distinguen los siguientes tipos de catéteres venosos (Figura 1): angiocatéter, catéter de línea media (mid-line), catéter central de inserción periférica (PICC), catéter central de inserción central no tunelizado (CVC), catéter central de inserción central tunelizado sin reservorio y catéter central de

inserción central tunelizado con reservorio. Las principales características de los accesos venosos más empleados en la edad pediátrica se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Características principales de los catéteres venosos más empleados en la edad pediátrica.

	Angiocatéter	Mid-line	PICC	CVC no tunelizado	CVC tunel. sin reserv.	CVC tunel. con reserv.
Inserción	Periférica	Periférica	Periférica	Central	Central	Central
Punta	Periférica	Axila-ingle	VCS/VCI	VCS/VCI	VCS/VCI	VCS/VCI
Duración	<5-7 días	7-14 días	Meses	14-21 días	Meses	Meses
Extracción	Casi nunca	A veces	Sí	Sí	Sí	Sí
Fármacos irritantes[†]	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Alta a domicilio	No	A veces	Sí	No	Sí	Sí
Coste	Muy bajo	Medio	Medio	Bajo	Alto	Alto

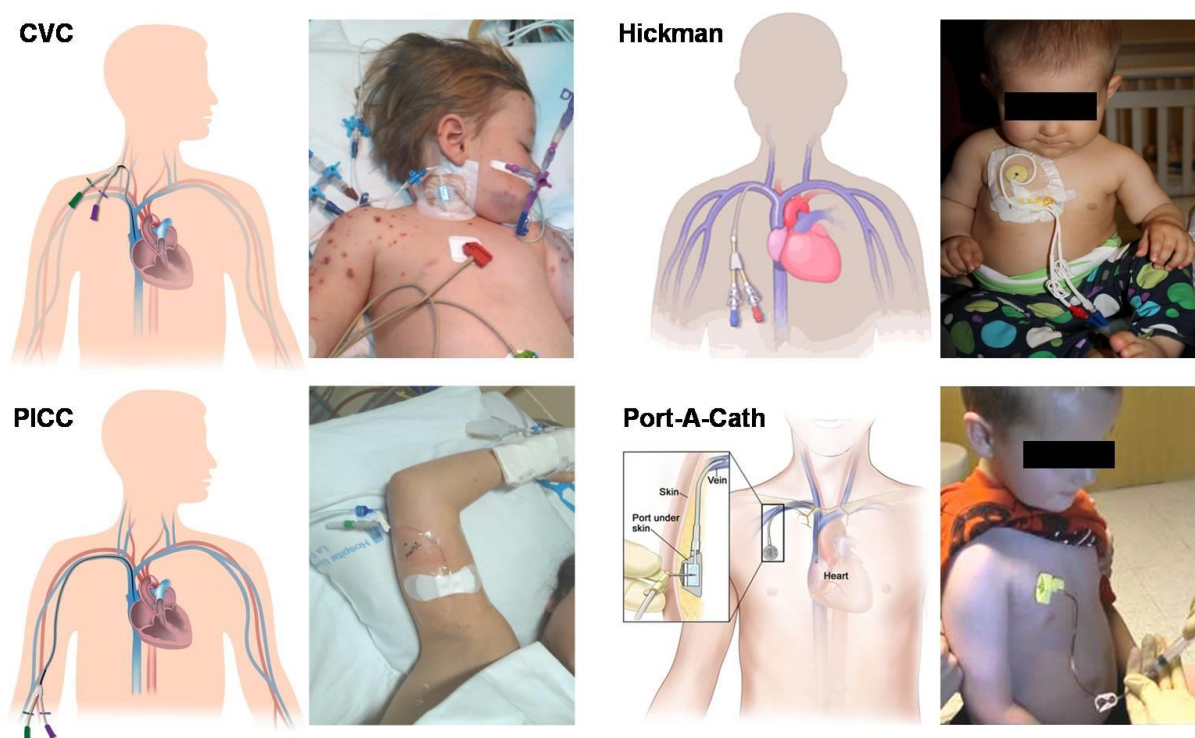
Mid-line: catéter de línea media; PICC: catéter central de inserción periférica; CVC: catéter venoso central; tunel.: tunelizado; reserv.: reservorio; VCS: vena cava superior; VCI: vena cava inferior; [†]Fármacos irritantes: aquellos con pH <5 o >8, o con osmolaridades >500 mOsm/L.

Atendiendo a esta clasificación, los *catéteres venosos centrales de inserción central (CVC ó C/CVC)* son aquellos que se colocan puncionando directamente venas centrales, entendiendo como tales las venas yugulares internas, subclavias, braquiocefálicas y femorales. Su punta suele quedar alojada a nivel de la vena cava superior o inferior, idealmente a nivel de su desembocadura en la aurícula derecha. Los empleados con más frecuencia en la edad pediátrica son los *CVC no tunelizados*. En la mayoría de las ocasiones, éstos se insertan durante periodos de tiempo inferiores a 2-3 semanas, en niños hospitalizados que, o están gravemente enfermos y precisan tratamiento con múltiples fármacos intravenosos, o requieren tratamiento con fármacos que únicamente se pueden administrar a través de venas centrales.

Por otro lado, cuando los CVCs se insertan en las venas centrales tras recorrer un trayecto subcutáneo más o menos largo, se denominan *CVC tunelizados*. Su extremo proximal puede ser una pieza de conexión tipo Luer, que se externaliza (*catéteres tipo Hickman*), estando siempre accesible para su utilización o, por el contrario, puede ser un reservorio metálico que también permanece enterrado bajo la piel (*catéteres tipo Port*) y que se debe pinchar con una aguja externa específica siempre que se quiera utilizar (Figura 2). Los catéteres centrales tunelizados son los más indicados en pacientes que necesitan tratamientos intravenosos de muy larga duración. Es habitual, por tanto, indicar estos

catéteres en aquellos pacientes que precisan soporte prolongado con nutrición parenteral (catéteres tipo Hickman) o con quimioterápicos (catéteres tipo Port).

Figura 2. Catéteres venosos centrales: de inserción periférica (PICC), de inserción central no tunelizados (CVC), tunelizados sin reservorio (tipo Hickman) y con reservorio (tipo Port).



Por otro lado, los catéteres venosos periféricos son aquellos que se colocan puncionando directamente una vena periférica, habitualmente de las extremidades o de la región cráneo-cervical. En función de su longitud, y de la posición final de su punta, los catéteres venosos periféricos se pueden agrupar en tres grandes grupos (Figura 1): angiocatéteres, catéteres de línea media y catéteres centrales de inserción periférica.

Los *angiocatéteres* son catéteres cortos (<5-7 cm), de calibre variable (14-26 G) y su punta queda alojada en una vena periférica, habitualmente del sistema venoso superficial. Son los ideales para tratamientos de corta duración (<5-7 días), aunque no se deberían emplear si los fármacos a administrar son vesicantes o irritantes (pH <5 o >8; Osm >500 mOsm/L). Sólo los de mayor calibre permiten la extracción de sangre a su través.

Los *catéteres de línea media (mid-line)* también se insertan desde una vena periférica, pero, al ser de mayor longitud, su punta queda alojada a nivel de las venas profundas de la axila o de la región inguinal. Se suelen emplear para tratamientos de duración intermedia (5-15

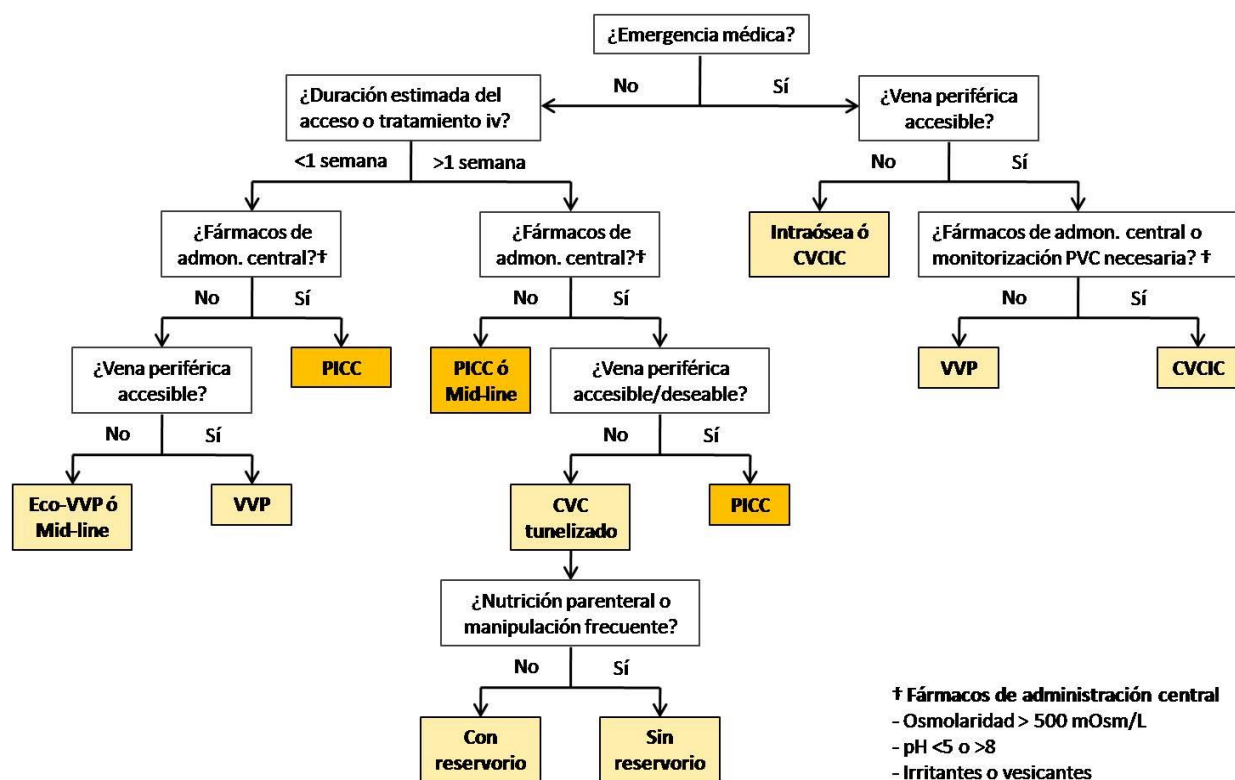
días), permitiendo la administración de casi cualquier tipo de fármacos (siempre que la punta se aloje en una vena profunda de la región axilar o inguinal) y, con frecuencia, la extracción de muestras de sangre.

Los *catéteres centrales de inserción periférica (PICCs - Peripherally Inserted Central Catheters -)* son catéteres largos y finos que, aunque se insertan desde una vena periférica, habitualmente de las extremidades, se hacen avanzar hasta alojar su punta en una vena central, idealmente a nivel de la desembocadura de las venas cavas en la aurícula derecha. Aunque en el paciente adulto se suelen insertar a pie de cama del paciente, empleando anestésicos locales, en los pacientes pediátricos, especialmente en aquellos de menor edad, con frecuencia es necesario realizar el procedimiento bajo sedación sistémica en unidades de cuidado intensivo o en quirófano. Los PICCs permiten la administración de cualquier clase de fármacos y, salvo en los calibres de uso neonatal, las extracciones de sangre.

De acuerdo con esta clasificación, los catéteres periféricos que más se emplean en la atención del paciente pediátrico son los angiocatéteres.^[22] Su colocación es relativamente sencilla, realizándose habitualmente por personal enfermero a pie de cama. Las complicaciones durante la inserción son escasas (sangrado, punción arterial accidental, dolor) y, generalmente, no entrañan peligro para el paciente. Sin embargo, presentan algunas limitaciones como pueden ser la salida accidental del catéter, la extravasación de los fluidos infundidos, o la flebitis y la trombosis de la vena canalizada, lo que puede suponer venopunciones repetidas para colocación de nuevos angiocatéteres y, por tanto, agotamiento prematuro del capital venoso periférico del paciente.^[23-25] Por estos motivos, su utilización puede no ser adecuada en pacientes que necesitan tratamientos intravenosos de media-larga duración (>5-7 días), o especialmente irritantes (determinados antibióticos o quimioterápicos, nutrición parenteral), para los que la administración directa en venas centrales de grueso calibre y alto flujo sanguíneo es obligada.^[26-28] En estos casos, la alternativa utilizada con más frecuencia en la clínica es el empleo de CVCs.

La selección del catéter más adecuado para el tratamiento de cada paciente es de vital importancia y debe realizarse de una manera individualizada. En este sentido, los criterios más recomendados para establecer la selección del catéter más adecuado son la urgencia de la canalización, la posibilidad de emplear el acceso periférico (limitado fundamentalmente por la edad en el paciente pediátrico), el tiempo estimado de tratamiento y el uso que se le pretende dar al catéter.^[29-30] En la Figura 3 se muestra un algoritmo de decisión para la selección del catéter óptimo, en base a estos criterios.

Figura 3. Algoritmo de decisión para la selección del catéter venoso más adecuado. Modificado de: Simonov M, et al. J Hosp Med 2015. ^[29]



VVP: vía venosa periférica; Eco-VVP: vía venosa periférica ecoguiada; CVC: catéter venoso central; CVCIC: catéter venoso central de inserción central; PICC: catéter central de inserción periférica; Mid-line: catéter de línea media.

II. RECUERDO HISTORICO.

La historia de la terapia intravenosa en general y de los accesos vasculares en particular es relativamente reciente, habiéndose desarrollado esencialmente en la última mitad del siglo XX y a lo largo del XXI. Esto es fundamentalmente consecuencia de que el conocimiento de la anatomía y la fisiología del aparato cardiovascular humano, también se ha ido generando de una manera lenta y no exenta de dificultades. Por lo tanto, no se puede hablar de la historia del acceso vascular sin prestar también atención a la historia del aparato circulatorio.

Los documentos más antiguos en los que ya se mencionan algunos aspectos de la anatomía vascular y de la circulación sanguínea, se elaboraron por la civilización egipcia (1500 AC). Más tarde, Claudio Galeno (129-199) afirmó que el hígado era el centro del aparato circulatorio, ya que se encargaba de producir la sangre y de bombearla hacia el corazón. También especuló que la sangre que llegaba a la parte derecha del corazón atravesaba el septo interventricular a través de poros invisibles, para acabar en

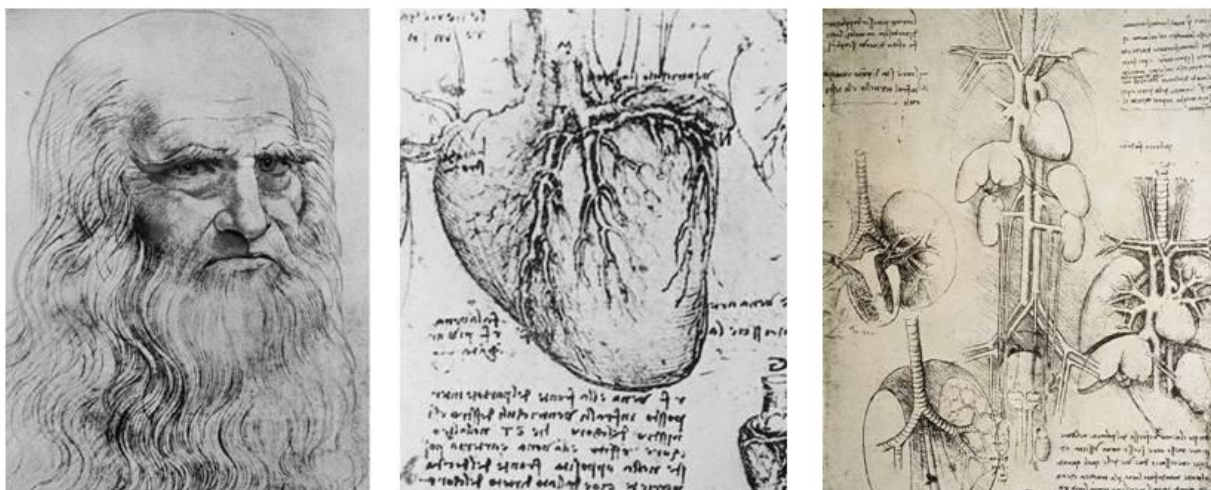
la parte izquierda, donde finalmente se mezclaba con el aire y se creaba el espíritu vital que ulteriormente se distribuía por todo el cuerpo. ^[31]

Las primeras descripciones de la circulación pulmonar las realizó el médico sirio Ibn Al-Nafis (1205-1288) en su obra *Sharh Tashrih al-Qanun*. Fue el primero en afirmar que la sangre era bombeada por el ventrículo derecho a las arterias y éstas la conducían a los pulmones. En estos últimos, las arterias se dividían en pequeños vasos que tomaban aire de los pulmones. Desde allí, unos vasos sensiblemente mayores llevaban la sangre al ventrículo izquierdo, desde el cual la sangre era enviada a todo el cuerpo.

Una contribución importante en la historia de la circulación sanguínea fue la de Alexandra Gillianni (1275-1326). Esta anatomista de la Universidad de Bolonia describió una técnica que permitía estudiar el recorrido de los vasos sanguíneos, rellenando las arterias y las venas de los cadáveres con un líquido que se solidificaba.

Leonardo da Vinci (1452-1519) también hizo importantes aportaciones en este campo, realizando dibujos muy detallados del corazón y los grandes vasos. Las ilustraciones en las que detalla las válvulas cardíacas parecen indicar que conocía el funcionamiento de las mismas (Figura 4).

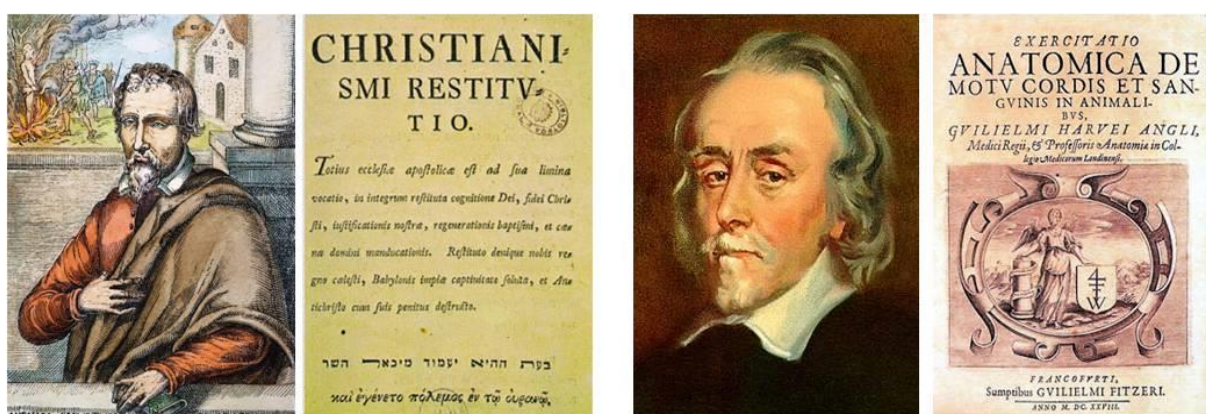
Figura 4. Ilustraciones sobre el aparato circulatorio del Leonardo da Vinci.



En occidente, Miguel Servet (1511-1553), que conocía los trabajos de Al-Nafis, también describió la circulación pulmonar con detalle en su obra "*Christianismi Restitutio*" (Figura 5). Sin embargo, fue el médico inglés William Harvey (1578-1657) quien describió la circulación general en su obra "*Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus*" (Un

estudio anatómico sobre los movimientos del corazón y la sangre de los animales), en la que argumenta que la sangre fluye hacia el lado derecho del corazón por las venas, desde donde se bombea hacia la circulación pulmonar para oxigenarse, pasando posteriormente al lado izquierdo del corazón, que la bombea al resto del organismo por las arterias, siendo su movimiento continuo y circular. Harvey describe también las válvulas venosas y la red capilar.

Figura 5. Miguel Servet (izquierda) y William Harvey (derecha) padres del conocimiento de la circulación sanguínea en el humano.



De esta manera, el progresivo conocimiento sobre la circulación sanguínea, favoreció, por un lado, el desarrollo de los primeros dispositivos de acceso vascular y, por otro, la administración de diferentes tratamientos intravenosos. En este sentido, desde tiempos remotos pero, sobre todo, en la edad media y primeros siglos de la edad moderna, fueron muy empleadas las flebotomías para la práctica de sangrías, como tratamiento de un sinnúmero de enfermedades. Las primeras transfusiones sanguíneas se atribuyen al médico inglés Richard Lower (1631-1691) y al médico francés Jean-Baptiste Denis (1640-1704) quienes, en el año 1667 realizaron con éxito las primeras transfusiones entre animales y humanos (Figura 6).^[32]

Por otro lado, las primeras descripciones de la administración intravenosa de sustancias se remontan al siglo XVII. Sir Christopher Wren (1632-1723), el famoso arquitecto que edificó la Catedral de San Pablo de Londres, inyectó, en 1656, vino y cerveza en las venas de un perro. Sus ensayos fueron continuados por Robert Boyle y Robert Hooke, que hicieron lo propio con opio y azafrán también en perros.

Figura 6. Primera transfusión atribuida al Dr. Richard Lower entre un cordero y un humano.



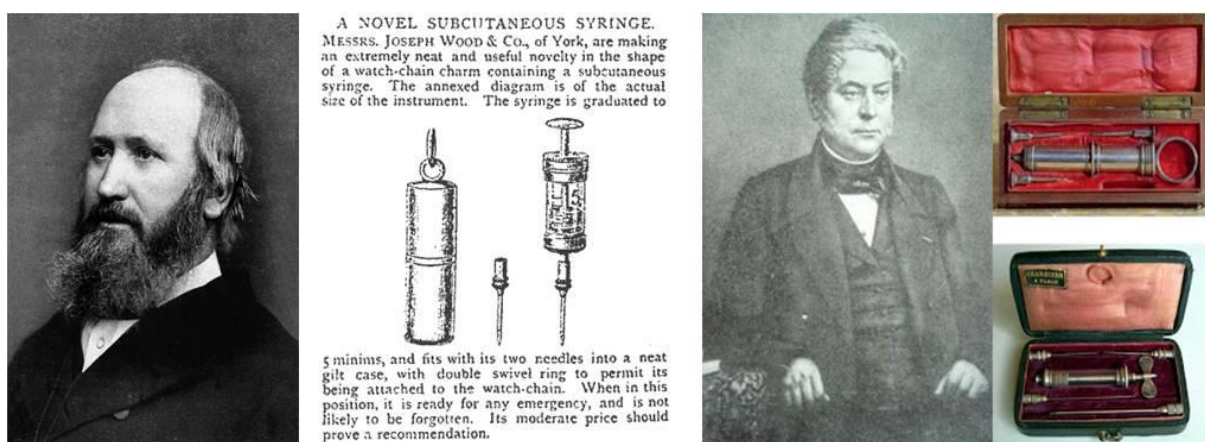
La introducción de la inyección endovenosa para su uso humano y su posterior aplicación a la terapéutica se debe fundamentalmente a médicos alemanes, como Johann Daniel Major, quien llamó la atención sobre el método en su obra *“Chirurgia infusoria”* publicada en 1664, y Johann Sigismund Elsholtz, quien en su obra *“Clysmatica nova”* publicada en 1667 dio a conocer sus experimentos en cadáveres y en seres vivos. En 1843, George Bernard logró introducir soluciones de azúcar por vía intravenosa en animales. Sin embargo, no fue hasta la última parte del siglo XIX y a lo largo del siglo XX cuando se desarrolló la terapia intravenosa, basada en nociones idóneas de microbiología y asepsia.^[33]

En lo que respecta al desarrollo de los dispositivos de acceso vascular, la aguja hipodérmica actual la inventó el escocés Alexander Wood (1817-1884), en 1853 (Figura 7). Wood la utilizaba para administrar morfina a su mujer, que padecía fuertes dolores a consecuencia de un cáncer. No obstante, quien verdaderamente popularizó el método fue el médico francés Charles Gabriel Pravaz, quien diseñó una jeringa precursora de las actuales. En 1870, Pierre Cyprien Ore describió el uso de hidrato de cloral intravenoso para proporcionar analgesia durante la cirugía, estableciendo de esta manera la técnica de administración de drogas intravenosas.^[34]

En 1896, Bield y Kraus describieron la administración intravenosa de glucosa en humanos, comenzado así el desarrollo de las terapias de rehidratación y de nutrición intravenosas. No obstante, coincidiendo con estos avances, se pusieron en evidencia las limitaciones para la administración de soluciones hipertónicas de glucosa a través de venas periféricas.^[35] Este problema no se solventó hasta que en 1952, a raíz de una serie de publicaciones realizadas por Aubaniac con heridos de guerra, se comenzaron a difundir diferentes técnicas para la punción de las grandes venas del cuello y de la ingle, lo que permitió el uso de

concentraciones mayores de glucosa y de soluciones intravenosas de aminoácidos. Posteriormente, en 1959, Francis Moore describió el procedimiento de uso de la vena cava superior para la infusión de altas concentraciones de glucosa. Por tanto, a pesar de que a lo largo de los últimos cuatro siglos, y quizás también con anterioridad, se habían descrito diferentes métodos para la obtención de accesos vasculares en humanos, especialmente a nivel de venas periféricas, las técnicas de canalización de venas centrales se desarrollaron a partir de los años 60.

Figura 7. Alexander Wood (izquierda) y Charles Gabriel Pravaz (derecha), inventores de las primeras agujas hipodérmicas, precursoras de las actuales.



Así, las primeras descripciones de cateterización infraclavicular de la vena subclavia fueron realizadas en 1952 por el médico francés Robert Aubaniac, quien la empleó para realizar transfusiones de sangre a los soldados heridos en la Segunda Guerra Mundial. ^[36] La técnica rápidamente se popularizó entre la comunidad médica. En 1958 Moncrief describe la cateterización de la vena femoral y en 1960 Rams la de la vena yugular externa. En 1965 Yoffa describió el abordaje supraclavicular de esta vena, defendiendo su uso para la administración rápida de fluidos en pacientes con inestabilidad hemodinámica. ^[37]

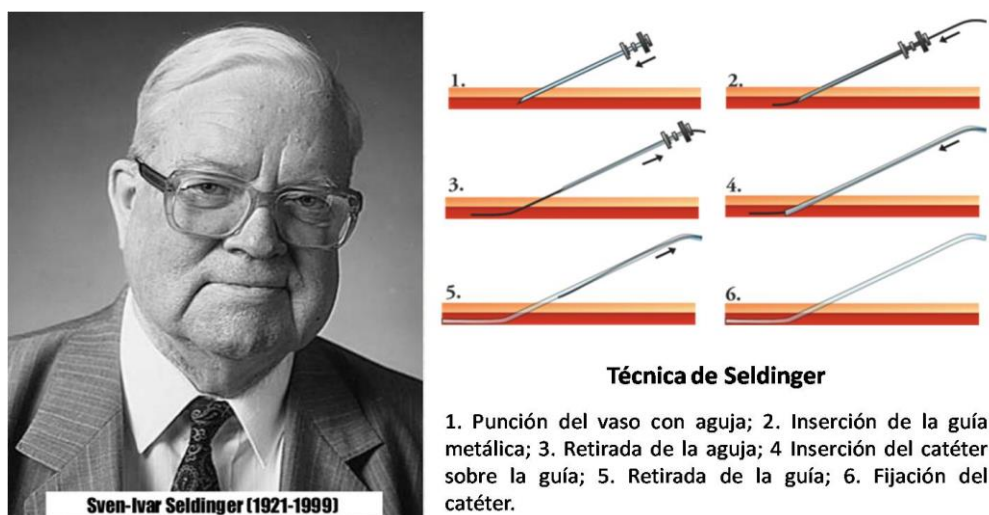
A finales de los 60 y durante la década de los 70 se describen diferentes abordajes de la vena yugular interna (Hermosura, Daily, Mostert, Jernigan), y se empieza a popularizar su uso para la monitorización de la presión venosa central, y para la administración de terapias intravenosas y nutrición parenteral prolongadas. ^[38-41]

Hasta este momento, los catéteres utilizados para la canalización vascular se fabricaban en materiales plásticos demasiado rígidos y poco biocompatibles, como el polietileno o el povinilo, siendo habituales las flebitis y tromboflebitis mecánicas. El desarrollo de nuevos materiales plásticos, más blandos y biocompatibles, como la silicona o el poliuretano, permitió también la mejora de los dispositivos endovasculares. Así, los primeros catéteres

centrales de inserción periférica (PICCs) fabricados en silicona, se emplearon por primera vez por Hoshal en 1975, quien defendió su uso para la administración de soluciones hipertónicas de nutrición parenteral de manera prolongada.^[42] A finales de los 70 y primeros de los 80 también se desarrollaron los catéteres tunelizados de larga duración (Broviac, Hickman) y los catéteres tunelizados con reservorio.^[43-44]

Otro aspecto que también ha influido decisivamente en el desarrollo y mejora de los dispositivos endovasculares, es la innovación en las técnicas de inserción de catéteres. En los años 40 del siglo pasado, comenzaron a insertarse los primeros catéteres endovenosos fabricados en materiales plásticos, empleando para ello grandes agujas introductoras de acero, por el interior de las cuales se deslizaba el catéter. Esta técnica de inserción se conoce como “through the needle” o a través de la aguja. La venas elegidas para la inserción del catéter eran, generalmente, las del antebrazo o la fosa antecubital, donde se ven y se palpan. Este método suponía un trauma importante para la pared vascular y una tasa elevada de complicaciones no sólo durante la colocación, sino también durante su permanencia. Hoy en día, esta técnica se sigue empleando para la inserción de algunos catéteres, como es el caso de los PICCs de menor calibre (1 y 2 Fr) empleados en recién nacidos y lactantes.^[45]

Figura 8. Descripción de la técnica descrita por el doctor Sven-Ivar Seldinger.

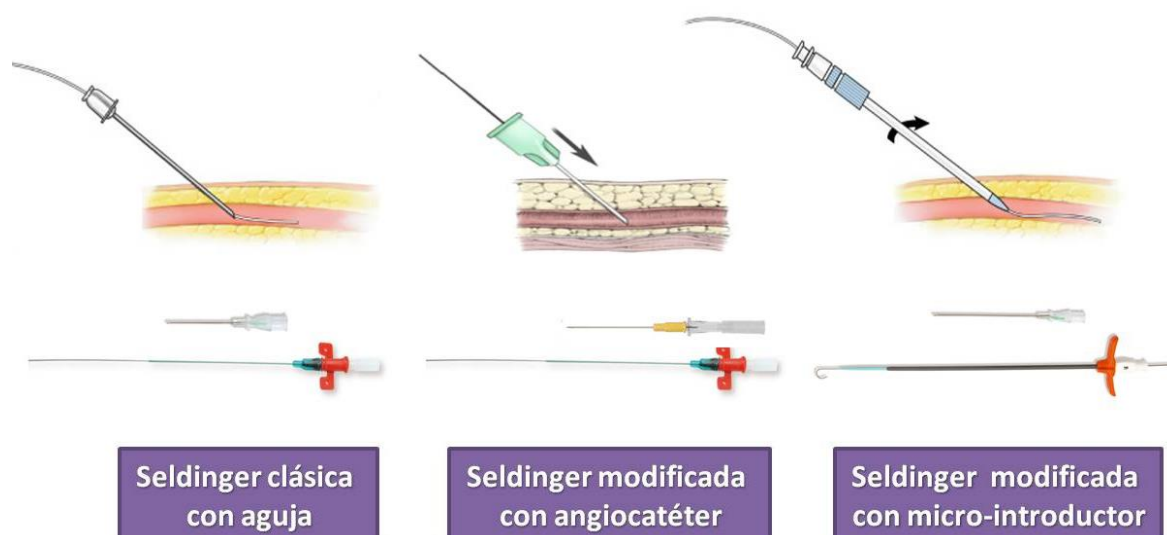


En 1953, el radiólogo sueco Sven-Ivar Seldinger (1921-1998), describió la técnica que lleva su nombre para la inserción percutánea de catéteres endovasculares. El procedimiento consistía en, tras puncionar vaso objetivo con una aguja, hacer progresar una guía metálica flexible por su interior sobre la que, posteriormente, se deslizaba el catéter hasta alojarlo en

el interior del vaso (Figura 8). Si el catéter a insertar es de grueso calibre, previamente se realiza una dilatación del trayecto subcutáneo y de la pared del vaso con un dilatador.^[46]

En los años 80 se describieron algunas modificaciones de la técnica de Seldinger clásica, siendo las dos más relevantes las que empleaban una angiocánula o un microintrodutor (Figura 9). Ambas buscaban facilitar la inserción de los catéteres, especialmente en venas de calibre reducido, reduciendo el trauma de la pared vascular y el riesgo de complicaciones. Actualmente son las técnicas más empleadas para la inserción de la mayoría de los PICCs.^[47,48] En la primera de ellas, en vez de emplear una aguja de punción, se emplea una angiocánula, canulándose en primera instancia la vena seleccionada con la vaina plástica de la misma. Posteriormente se progresa la guía metálica por su interior y se completa el procedimiento según la técnica clásica. Por otro lado, la técnica del microintrodutor se diferencia de la técnica Seldinger clásica en que emplea una cánula de introducción pelable, montada sobre un dilatador. Tras progresar la guía en el interior del vaso, se inserta en el interior de la vena el conjunto introductor-dilatador. Posteriormente se retiran la guía y el dilatador, manteniendo la cánula de introducción en el interior del vaso. Finalmente, el catéter se introduce en la vena por dentro de la cánula de introducción, que posteriormente se pela y se retira.

Figura 9. Técnica Seldinger clásica y sus modificaciones, para la inserción de catéteres endovasculares.



Por último, conviene señalar que, en la última década del siglo XX y a lo largo del XXI, también se han desarrollado una serie de técnicas de asistencia a la canalización vascular

que permiten mejorar la visualización del vaso a canalizar y, por tanto, aumentar muy significativamente la tasa de éxito del procedimiento y reducir las complicaciones casi a niveles ínfimos.^[49] Entre todas ellas destacan las modernas técnicas radioscópicas y las que emplean infrarrojos.^[50-53] No obstante, como se describirá con más detalle más adelante, por su no invasividad, inocuidad y relativo bajo coste, han sido las técnicas de guiado con ultrasonidos, las que más se han desarrollado y las que mejor aceptación e implantación han tenido a nivel clínico, considerándose hoy en día las de primera elección para la inserción de CVCs, PICCs y catéteres arteriales.^[54]

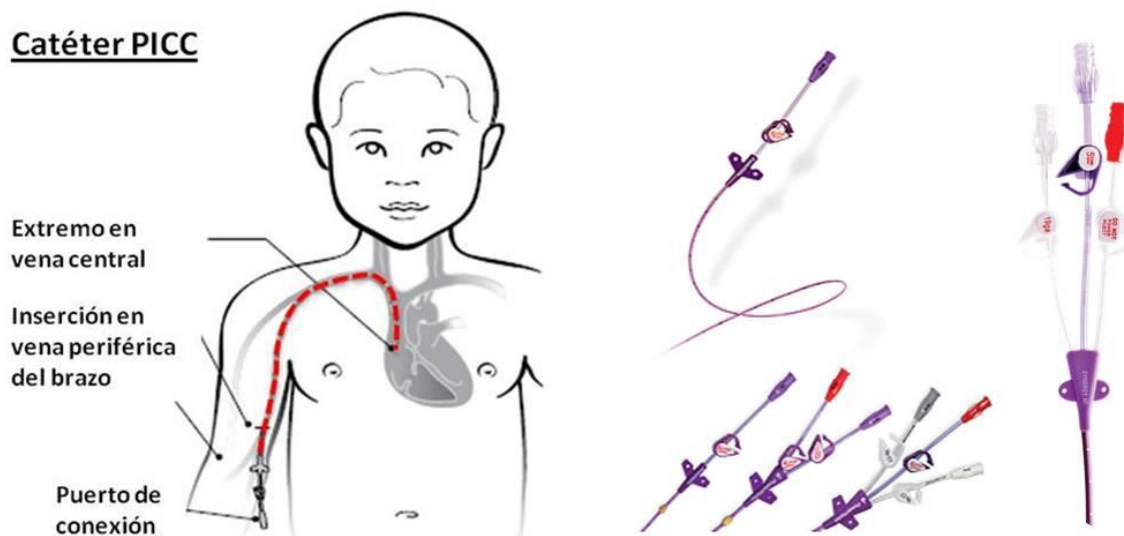
III. CATETERES CENTRALES DE INSERCIÓN PERIFÉRICA (PICCs).

1. Descripción y características del dispositivo.

La característica común a todos los PICC, es que son catéteres endovenosos, de fino calibre, pero de gran longitud (entre 40 y 60 cm). Están diseñados para ser insertados desde las venas periféricas de los brazos o, con menos frecuencia, de las piernas o del cuello, desde donde se hacen progresar hasta alojar finalmente su punta en el interior de una vena central de grueso calibre (idealmente vena cava superior o inferior), cercana al corazón (Figura 10). El extremo proximal de los PICCs queda expuesto sobre la piel del paciente. Dispone de una pieza que permite su fijación a la piel, de un prolongador transparente con una pinza o clamp que permite su oclusión, y, por último, de un puerto de conexión tipo Luer.

Su calibre es variable, pudiéndose implantar en pacientes de todas las edades. En este sentido, actualmente se comercializan PICCs de calibres que oscilan entre 1 Fr, los más finos y aptos para su uso en recién nacidos prematuros, hasta 6 Fr, los más gruesos y que se emplean en adultos o niños preadolescentes.^[55] El número de luces es también variable y, en cierta medida, depende del calibre del catéter. Lo más habitual es que los PICCs dispongan de una (unilumen) o dos (bilumen) luces, aunque los de mayor calibre pueden disponer de hasta tres luces.

Figura 10. Esquema de la inserción y el diseño de los PICCs.



El material del que están fabricados la mayoría de los PICCs que se comercializan actualmente es poliuretano o silicona. No obstante, en los últimos años se están desarrollando nuevos materiales plásticos, como el poliuretano de alta biocompatibilidad o el carbotano, buscando mejorar la biocompatibilidad y las prestaciones del catéter.

Hoy en día el PICC es considerado uno de los dispositivos más seguros y confiables. En adultos con PICC, la tasa de complicaciones que obligan a su retirada es relativamente baja (hasta 2,41 por 1000 días de catéter), especialmente si se tiene en cuenta que son catéteres con tiempos de permanencia generalmente prolongados, y superiores a 2 ó 3 semanas.^[56-58] En niños, las complicaciones relacionadas con los PICCs parecen ser algo más frecuentes (hasta 11,6 por 1000 días de catéter).^[7, 59-61] No obstante, estudios recientes han establecido que, cuando la indicación, la inserción y el cuidado de los PICCs son los óptimos, entre el 62 y el 82% de los pacientes que los portan completan el tratamiento sin precisar la retirada del catéter por la aparición de complicaciones.^[62]

2. Ventajas.

Las principales ventajas de los PICCs se resumen en la Tabla 2. Frente a los angiocatéteres, y al igual que cualquier otro catéter central, la principal ventaja de los PICCs es que permiten la administración de todo tipo de fármacos, independientemente de su osmolaridad, pH o carácter irritante / vesicante, así como de productos sanguíneos y de nutrición parenteral.^[26-27] Además, cuando su punta queda alojada en la aurícula derecha, también permiten la monitorización de la presión venosa central. Todo ello los

convierte en catéteres tremendamente versátiles, aptos para ser usados en pacientes con necesidades terapéuticas muy variadas.

La punción venosa repetida es motivo de discomfort y dolor, y es uno de los aspectos peor valorados por los pacientes afectados. En este sentido, el paciente pediátrico puede plantear dificultades para la obtención de muestras de sangre, ya que sus venas periféricas son de menor calibre, y porque son frecuentes la falta de colaboración, la agitación y el agotamiento precoz del capital venoso periférico, especialmente en niños pequeños y/o con enfermedades crónicas o complejas. Los PICCs también han demostrado su utilidad en estos casos, ya que, aunque muy influido por el calibre y la longitud del catéter, suelen permitir la extracción de muestras sanguíneas. De esta manera los PICC evitan, por un lado, las punciones vasculares repetidas y el dolor, la ansiedad y el discomfort que éstas conllevan, y, por otro, el agotamiento prematuro del capital venoso periférico.^[3]

Por todo lo anterior, los PICCs no sólo facilitan en gran medida el manejo médico de los pacientes que los portan sino que, además, reducen considerablemente la carga de trabajo de la enfermería encargada de su cuidado.^[63]

Tabla 2. Ventajas de los PICCs.

Principales ventajas de los PICCs
<ul style="list-style-type: none"> • Pueden permanecer insertados largos periodos de tiempo (semanas o meses). • Permiten la administración de todo tipo de fármacos, hemoderivados y nutrición parenteral. • Permiten la extracción de muestras de sangre, disminuyendo el sufrimiento del paciente y el trabajo de enfermería al evitar venopunciones múltiples. • Su inserción conlleva muchas menos complicaciones que la de los CVCs. • Su inserción es técnicamente más sencilla y, sobretodo, más económica (sin necesidad de quirófano) que la de los CVCs tunelizados. • Las complicaciones infecciosas son mucho menores que con los CVCs no tunelizados. • Preservan el capital venoso del paciente. • Facilitan el alta precoz y el manejo ambulatorio de los pacientes que los portan. • Su mantenimiento es sencillo, facilitando el cuidado del paciente.

Otra gran ventaja de los PICCs es que, dada la elevada biocompatibilidad y resistencia de los materiales con los que se fabrican, pueden permanecer insertados durante periodos de tiempo prolongados (semanas o meses). Por ello son de especial utilidad en

aquellos pacientes que requieran tratamientos intravenosos de media o larga duración, favoreciendo el alta precoz del hospital y el manejo ambulatorio de los mismos. ^[8] Además, por su pequeño tamaño, y especialmente cuando se colocan en el brazo, los PICCs también son discretos y confortables para el paciente, y no interfieren de manera significativa con las actividades del día a día. Todo ello redundaría en mejorar la calidad de vida percibida de los pacientes.

En comparación con los catéteres de larga duración tunelizados, su inserción es más sencilla y menos costosa ya que, habitualmente, no es necesario que ésta se realice en quirófano ni bajo anestesia general. Aunque en algunos centros su colocación se realiza por radiólogos en la salas de radiología intervencionista, ^[64,65] es más habitual que su inserción se realice a pie de cama del paciente, con frecuencia por personal sanitario no médico (enfermeros o técnicos de enfermería), con la ayuda de anestésicos tópicos y/o locales. ^[66-68] No obstante, el entrenamiento específico del personal encargado de su colocación y posterior mantenimiento, es esencial para aumentar el éxito de la canalización y, sobre todo, para reducir las complicaciones relacionadas con su uso. ^[69]

Por último, la inserción de un PICC, especialmente cuando se realiza con técnica ecoguiada, se considera un procedimiento de bajo riesgo y coste-efectivo. ^[70-73] Con ello se evitan las complicaciones (neumotórax, hemotórax, etc) y las limitaciones (inestabilidad cardiorrespiratoria, coagulopatía) asociadas a la punción de las grandes venas centrales de la región cervical o inguinal. En este sentido, la inserción de un PICC puede ser una buena alternativa en aquellos pacientes con inestabilidad cardiorrespiratoria, en los que la administración de sedantes sistémicos puede empeorar más su situación clínica, así como en pacientes con coagulopatía grave, en los que la punción de una vena central debe ser evitada.

3. Inconvenientes.

El reducido calibre y la longitud elevada, característicos de los PICCs, son los responsables del principal inconveniente de estos catéteres (Tabla 3). Según establece la Ley de Poiseuille, el flujo de un fluido a través de una estructura tubular es inversamente proporcional a su longitud y a su radio elevado a la cuarta potencia. En consecuencia, cuanto más largo y, sobretudo, cuanto más fino sea el PICC, menor será el ritmo de infusión de fluidos permitido. ^[74]

No obstante, con ánimo de vencer esta limitación, en los últimos años se han comercializado catéteres PICC fabricados con poliuretano de muy alta resistencia. Este material permite, por un lado, maximizar la sección interna de los catéteres y, por otro, soportar presiones de infusión muy elevadas (hasta 325 psi), lo que, en conjunto, permite aumentar muy significativamente la velocidad de infusión (hasta entre 2 y 7 mL/segundo, dependiendo del calibre y la longitud del catéterer seleccionado). A este tipo de PICCs se les denomina PICCs de alto flujo o Power-Injectable PICCs, y pueden ser especialmente útiles en el manejo de pacientes críticos ingresados en unidades de cuidados intensivos, en los que requieran intervenciones quirúrgicas con riesgo importante de sangrado o de inestabilidad cardio-circulatoria, en los que requieran frecuentes transfusiones de hemoderivados, o en los que precisen exploraciones con contrastes radiológicos.^[75]

Tabla 3. Inconvenientes de los PICCs.

Principales inconvenientes de los PICCs
<ul style="list-style-type: none"> • Limitan la administración rápida de fluidos. • Las complicaciones mecánicas (obstrucción, salida y malposición) son frecuentes. • Limitan parcialmente la actividad física del paciente. • Dificultan la higiene de la extremidad canalizada.

También como consecuencia de su diseño, con frecuencia los PICCs se pueden obstruir total o, lo que es más frecuente, parcialmente. De hecho, esta es la complicación no infecciosa más frecuentemente relacionada con los PICCs,^[59] lo que en ocasiones limita el cumplimiento del plan terapéutico establecido. No obstante, la administración de fibrinolíticos (rt-PA o urokinasa) cuando la obstrucción es parcial (la infusión es posible pero el reflujo de sangre no) resuelve el problema con mucha frecuencia.^[76]

Otros inconvenientes de los PICCs son, por un lado, que pueden limitar la actividad física de los pacientes que los portan, ya que, por ejemplo, no se recomienda la práctica de ejercicio físico intenso, de deportes de contacto, o de actividades que impliquen riesgo de salida accidental o rotura del catéter. Por otro lado, tampoco se debe mojar la extremidad canalizada, lo que puede hacer más incómoda la higiene del paciente. Por este motivo se recomienda la ducha en vez del baño, siempre empleando una cobertura completa de la extremidad canalizada. Por último, aunque, en general, los cuidados necesarios para mantener el PICC en óptimas condiciones son limitados y fáciles de realizar por el

paciente o sus cuidadores, es indispensable un periodo de aprendizaje para asegurar que estos se realizan correctamente.^[69]

En resumen, comparados con los angiocatéteres, los PICCs son más versátiles y duraderos, aunque también son más caros y requieren personal especialmente entrenado para su colocación. Por otro lado, comparados con los CVCs no tunelizados, las complicaciones mecánicas (obstrucción y salida accidental) son algo más frecuentes, son también ligeramente más caros y limitan considerablemente la velocidad de infusión, aunque permiten tratamientos mucho más prolongados con menores tasas de infección, favoreciendo el manejo ambulatorio del paciente.^[4, 77-79] Por último, comparados con los CVCs tunelizados, los PICCs son más baratos de insertar y mantener. Sin embargo, en tratamientos prolongados, algunos estudios han descrito tasas mayores de complicaciones mecánicas (obstrucción y salida accidental, fundamentalmente) y trombóticas.^[80-84]

4. Indicaciones.

Las indicaciones fundamentales para la colocación de un PICC se resumen en la Tabla 4. La evidencia científica actual, recomienda el uso de PICCs sobre catéteres intravenosos periféricos, en pacientes pediátricos que requieran más de 6 días de tratamiento intravenoso.^[85]

También son de elección, independientemente de la duración prevista de la terapia, en niños hospitalizados o en régimen ambulatorio, que precisen tratamientos con fármacos irritantes ó vesicantes, como determinados antibióticos o quimioterápicos, así como con soluciones hipertónicas, como las de nutrición parenteral.^[4-6, 78, 81, 86-87]

Pueden ser también útiles en niños que requieran múltiples extracciones sanguíneas, para la realización de estudios analíticos seriados, sobre todo si son pacientes crónicos y tienen un capital venoso periférico reducido o que conviene preservar.^[3, 88-89] Estudios recientes defienden incluso su utilidad en el manejo de pacientes críticos, especialmente en aquellos casos en los que se prevea que el acceso central va requerirse por más de dos semanas.^{[90-}

^{91]} No obstante, en pacientes inestables, en los que se requiere un acceso central con urgencia, los dispositivos de elección siguen siendo los CVCs no tunelizados.^[85]

Tabla 4. Indicaciones para la inserción de un PICC.

Indicaciones para la inserción de un PICC
<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de administrar cualquier tratamiento intravenoso durante más de 6 días, y/o • Necesidad de administrar tratamientos intravenosos de administración central exclusiva, independientemente del tiempo de tratamiento, y/o • Necesidad de realizar extracciones múltiples con fines diagnósticos, especialmente en pacientes con capital venoso periférico reducido, y/o • Necesidad de mantener un acceso central y/o de monitorizar la PVC en pacientes críticos durante más de 15 días, y/o • Necesidad de favorecer el manejo ambulatorio de pacientes con tratamientos intravenosos (pacientes crónicos, con cuidados paliativos y terminales)

† Fármacos de administración exclusiva por vena central: irritantes/vesicantes (quimioterápicos o catecolaminas), hiperosmolares (>500 mOsm/L) o con elevada acidez (pH <5) ó alcalinidad (pH >9) (Nutrición parenteral), independientemente de la duración del tratamiento.

5. Contraindicaciones.

En general, son pocas las contraindicaciones absolutas para la canalización de un PICC (Tabla 5). Las más importantes son que exista otro dispositivo más adecuado para cubrir las necesidades del paciente y que el paciente no disponga de venas periféricas permeables para permitir su inserción.^[85] También se consideran contraindicaciones la presencia de infección activa en la zona de inserción, que exista contraindicación para administrar sedantes en pacientes que lo requieran, o que el paciente o sus tutores no den el consentimiento para la realización del procedimiento.^[60]

Los pacientes con enfermedad renal crónica avanzada, con frecuencia requieren la realización de fístulas arterio-venosas en los brazos para la permitir la ejecución de terapias dialíticas. Por este motivo, de acuerdo con National Kidney Foundation Dialysis Outcome Quality Initiative (NKF-DOQI), no recomienda la inserción de PICCs en las extremidades superiores de estos pacientes, considerando el riesgo de que generen trombosis del sistema venoso superficial y profundo.^[92]

Tabla 5. Contraindicaciones para la inserción de un PICC.

Contraindicaciones para la inserción de un PICC
<ul style="list-style-type: none">• Existe otro dispositivos de acceso vascular más adecuado para cubrir las necesidades del paciente, y/o• Ausencia de venas periféricas adecuadas (calibre insuficiente, trombosadas o con anatomía desfavorable) o anatomía de la extremidad desfavorable (malformaciones, cirugías etc), y/o• Signos de infección activa en el lugar de la inserción, y/o• Pacientes con insuficiencia renal crónica avanzada, y/o• Contraindicación para recibir sedación sistémica en los casos en los que ésta es necesaria (niños pequeños o no colaboradores), y/o• Consentimiento para la inserción no concedido por el paciente o su tutor legal.

Además, algunos centros también consideran contraindicaciones relativas el antecedente de cardiopatía congénita compleja (estadio 1 de Norwood, cirugía de Glenn o Fontan), coagulopatías graves (trombopenia $<20000/\text{mL}$; INR > 2.5), sepsis o bacteriemia activa con hemocultivos persistentemente positivos y pacientes con mastectomía radical y vaciamiento linfático axilar.^[93]

6. Procedimiento de inserción.

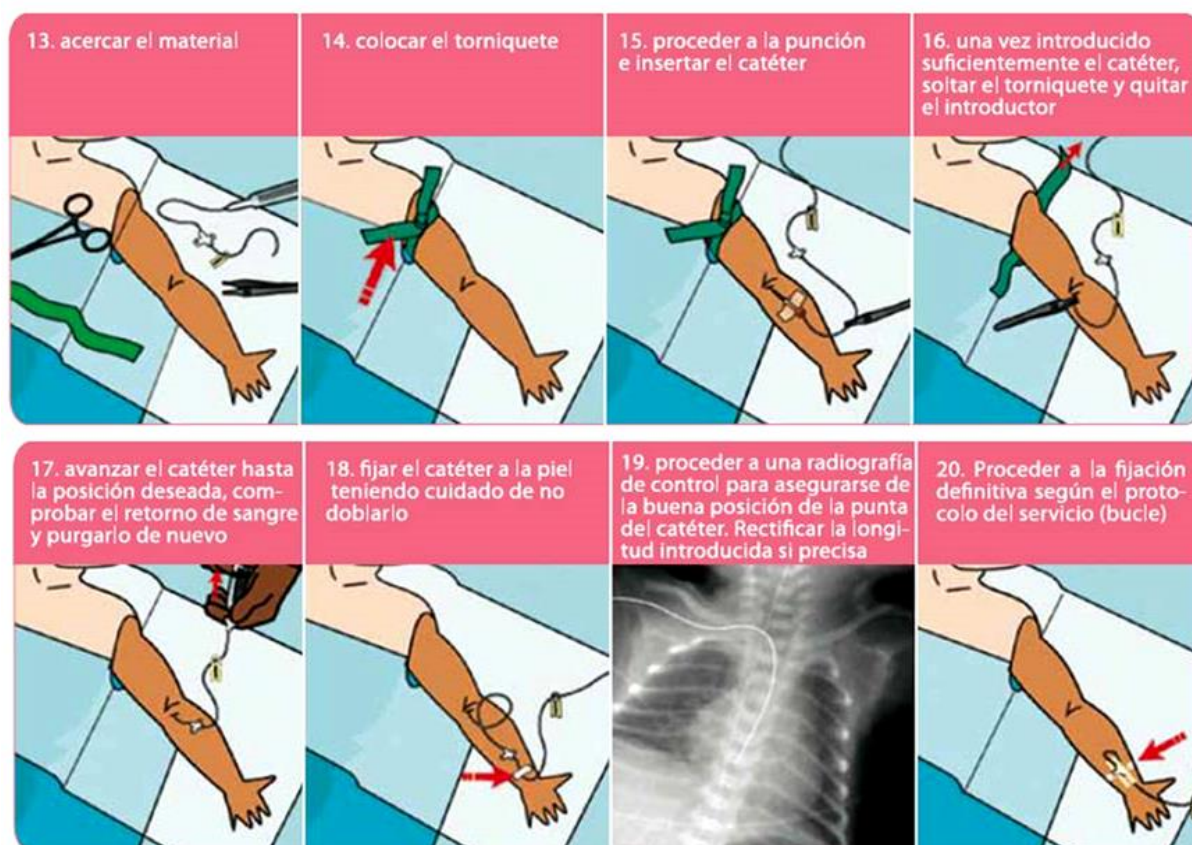
Los tres requisitos fundamentales para colocar un PICC son que exista una indicación clara, que la anatomía y el capital venoso del paciente sean favorables, y que no haya contraindicaciones.

El procedimiento de inserción de un PICC se compone de una serie de pasos que se deben realizar secuencialmente (Figuras 11 y 12).

Figura 11. Preparación para el procedimiento de inserción tomando medidas de máxima asepsia.

Son muchas las guías de buena práctica clínica que recomiendan tomar las medidas de máxima asepsia para la inserción de los PICCs, como se hace para el resto de vías centrales. En este sentido, son obligados el lavado concienzudo de manos, primero con agua y jabón y, posteriormente, con soluciones antisépticas, el uso de guantes estériles, bata estéril, mascarilla y gorro, la desinfección de la piel con soluciones de clorhexidina, y la cobertura total del paciente, antes de iniciar el proceso de inserción del PICC. [60, 94-99]

Figura 12. Procedimiento general de inserción del PICC.



Con respecto al método de inserción del PICC propiamente dicho, actualmente existen diferentes técnicas. La elección de una técnica u otra se fundamenta, esencialmente, en la experiencia y preferencia del operador, y en el tipo de PICC a insertar. A continuación se describen las más habituales.

6.1. Técnica de inserción con aguja mariposa.

Esta técnica clásica hoy en día se emplea únicamente para la inserción de los PICCs tipo epicutáneo-cava de 2 Fr, en recién nacidos y lactantes (Figura 13). Para puncionar la vena deseada se emplea una aguja relativamente gruesa (19G), progresándose posteriormente el catéter por su interior, cuando se confirma la posición intravascular de su punta mediante el goteo de sangre en su extremo proximal. Cuando se ha insertado el catéter, la aguja se retira deslizando hasta el extremo proximal del mismo. Finalmente se coloca un conector enroscable.

Figura 13. Técnica de inserción con aguja mariposa (no pelable).

fig. 1. seleccione la vena a puncionar. Coloque el bebé en posición conveniente y confortable. Prepare el sitio de punción. Coloque campos estériles y aplique torniquete

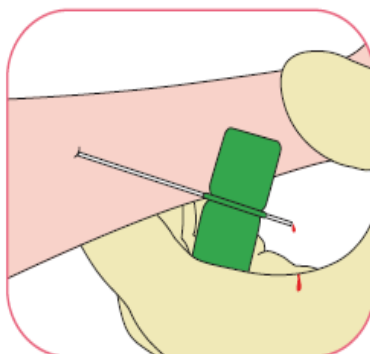


fig. 2. realice la punción venosa con la mariposa 19G suministrada

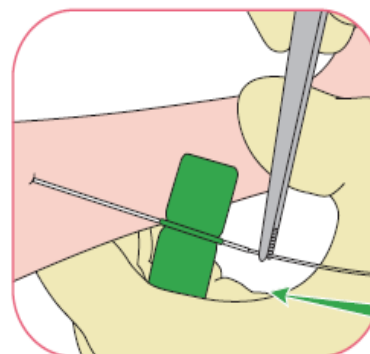


fig. 3. pase el catéter a través de la aguja usando pinzas sin dientes. Insertar, lo suficiente, el catéter como para soltar el torniquete y avanzarlo poco a poco

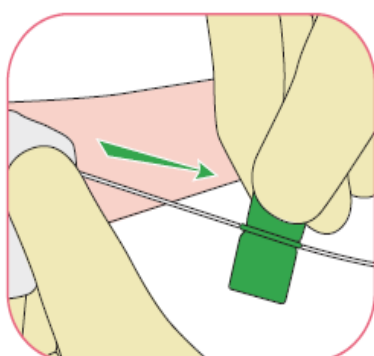


fig. 4. aplique una ligera presión con un dedo más allá de la aguja y con cuidado retire el introductor de la vena

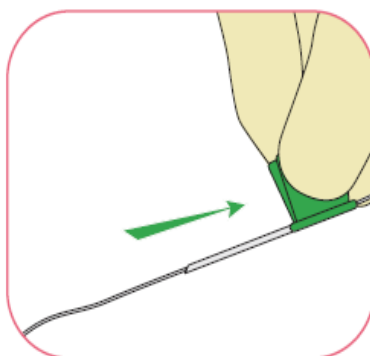


fig. 5. mantenga el catéter recto y con cuidado retire la aguja

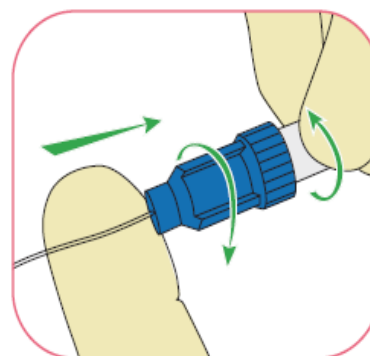


fig. 6. afloje el conector Easy-lock para poder retirar el catéter. **No separe totalmente el conector.** Colocar la punta próxima del catéter hasta que la marca negra desaparezca totalmente dentro del conector azul

6.2. Técnica de inserción con aguja pelable.

Esta también es otra técnica clásica para insertar PICCs (Figura 14). Actualmente sólo se utiliza para la colocación de los catéteres más finos (1 y 2 Fr) en recién nacidos y lactantes. La característica fundamental de este método es que se utiliza una aguja pelable (20G para PICCs de 2Fr o 24G para PICCs de 1Fr), a través de la cual se hace progresar el catéter, tras puncionar con éxito la vena elegida. Tras avanzar el catéter la longitud deseada, la aguja se parte en dos y se separa del catéter. El inconveniente fundamental de este método es que existe mayor riesgo de lesionar la vena o el catéter que con las otras técnicas.

Figura 14. Técnica de inserción con aguja pelable.



fig. 1. seleccione la vena, prepare, limpie la piel, coloque campos dejando libre sólo el sitio de punción. Aplique torniquete

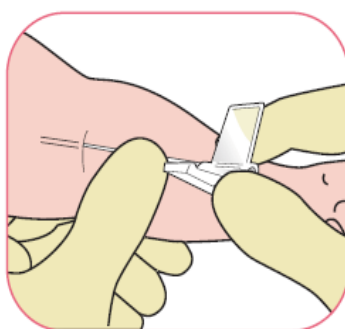


fig. 2. realice la punción de la vena con la aguja pelable. Avance la aguja hasta el reflujo sanguíneo

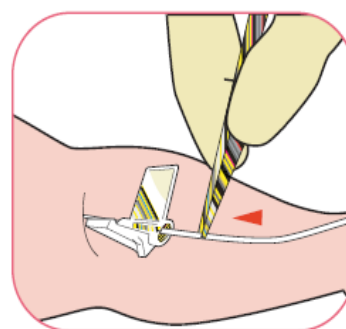


fig. 3. pase el catéter a través de la aguja usando pinzas sin dientes. Insertar, lo suficiente, el catéter como para soltar el torniquete y avanzarlo poco a poco

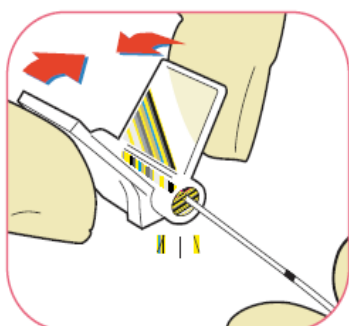


fig. 4. asegure el catéter aplicando una ligera presión con un dedo más allá de la aguja y retire la aguja lentamente. Apriete las aletas firmemente para iniciar la rotura de la aguja

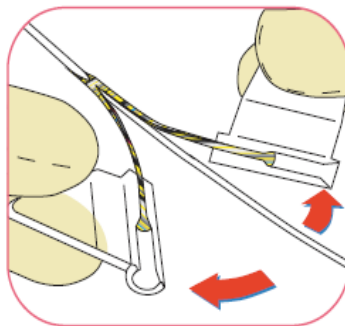


fig. 5. rompa la aguja suavemente hasta que quede unida solamente la punta. No es necesario separar totalmente las dos mitades de la aguja

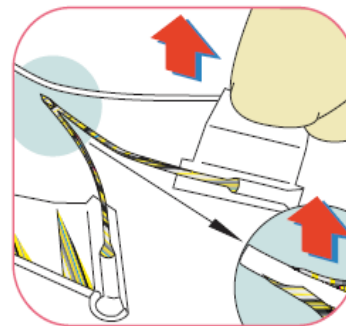


fig. 6. retire el catéter cuidadosamente fuera de la aguja

6.3. Técnica de introducción con cánula introductora pelable montada sobre aguja.

En este caso, la punción del vaso se realiza con una cánula de introducción pelable, montada sobre una aguja fina (MicroFlash™) (Figura 15). La punción del vaso se confirma al obtener reflujo de sangre a través de la aguja. En ese momento, se hace progresar la cánula de introducción hacia el interior de la vena, de manera idéntica al método de colocación de los angiocatéteres periféricos actuales. Posteriormente se retira la aguja, y se hace progresar el catéter por el interior de la cánula de introducción. Por último, la cánula plástica se parte en dos y se retira rasgándola, dejando el catéter libre y listo par fijar a piel. Este método, comparado con el anterior, reduce el riesgo de lesionar el catéter, al retirar la aguja antes de su inserción. Sin embargo, aunque el calibre de la cánula de introducción suele ser pequeño (normalmente 21G), el riesgo de lesionar las venas de pequeño calibre es considerable, reduciéndose la tasa de éxito del procedimiento. ^[100]

Figura 15. Técnica de inserción con cánula introductora pelable montada sobre aguja.

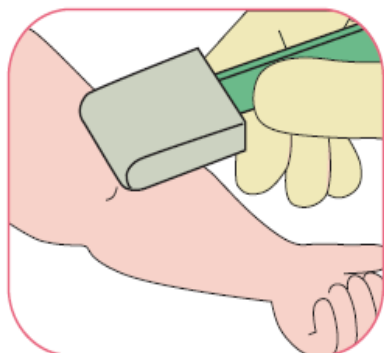


fig. 1. seleccione la vena, prepare, limpie la piel, coloque campos dejando libre sólo el sitio de punción. Aplique torniquete

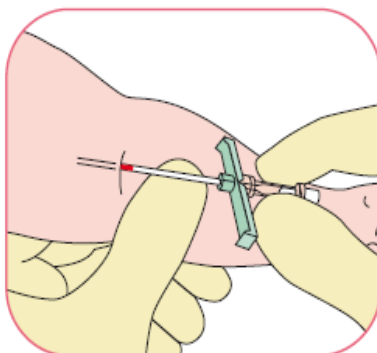


fig. 2. realice la punción de la vena con la cánula pelable Microflash provista, con el ángulo de 15 a 30°. Avance la cánula hasta que la punción se confirme por el reflujo de la sangre

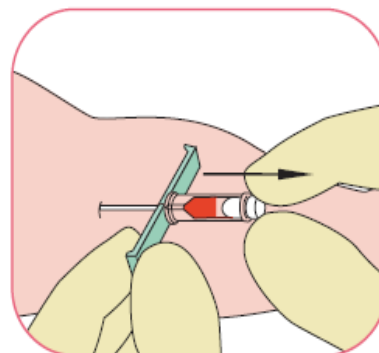


fig. 3. baje el Microflash unos grados y avance sólo la cánula plástica. Retire el torniquete

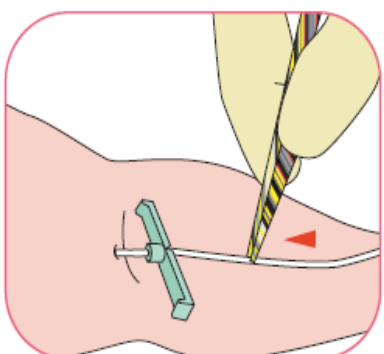


fig. 4. pase el catéter a través de la cánula usando pinzas sin dientes. Insertar, lo suficiente, el catéter como para soltar el torniquete y avanzar lo poco a poco

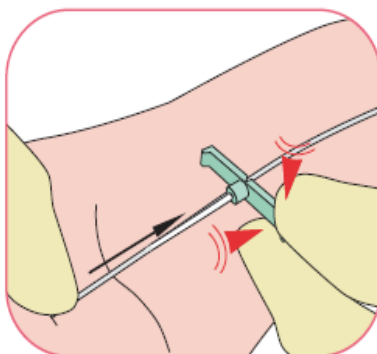


fig. 5. asegure el catéter aplicando con un dedo una suave presión más allá de la cánula y retire la misma lentamente

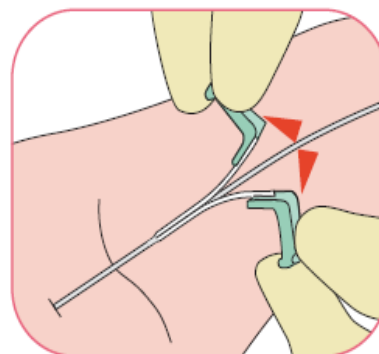


fig. 6. pele lentamente la cánula, tirando de sus aletas, con cuidado de no mover el catéter. Finalmente avance el catéter a la posición deseada

6.4. Técnica de introducción con método Seldinger o Seldinger modificado.

Actualmente es el método más empleado para implantar PICCs, ya que es con el que menos trauma se realiza en la pared vascular, y con el que se alcanzan tasas de éxito en primera punción más elevadas (Figura 16).^[60] El empleo de los ultrasonidos para guiar la colocación de catéteres venosos centrales, para los que clásicamente se empleaba este método de inserción, también ha favorecido su desarrollo para la inserción de los PICCs.^[101] En este caso, la punción de la vena se realiza con una aguja fina (Seldinger) o muy fina (micro-Seldinger). Posteriormente se progresa una guía metálica por su interior y, sobre ella el catéter (Seldinger) o, más habitualmente, una cánula pelable montada sobre un dilatador (Seldinger modificado), hasta alojarla en el interior del vaso. Con éste último método, se

retiran a continuación la guía y el dilatador, y se inserta el PICC en la vena a través de la cánula introductora que, finalmente, se retira rasgándola. [72]

Figura 16. Técnica de inserción por método Seldinger modificado.



fig. 1. realizar la punción de la vena y verificar el retorno venoso



fig. 2. insertar la guía de nitinol a través de la aguja de punción



fig. 3. quitar la aguja de punción



fig.4. utilizar una aguja de seguridad



fig.5. realizar una pequeña incisión



fig.6. introducir el Desilet pelable a lo largo de la guía



fig.7. retirar la guía y el dilatador



fig.8. introducir el catéter lentamente a través de desilet pelable



fig.9. retirar la cánula, pelándola

7. Cuidados y mantenimiento durante su permanencia.

Dado que los PICCs permanecerán insertados por periodos de tiempo, en general, prologados, es de vital importancia, por un lado, establecer un plan específico de cuidados y, por otro, asegurar que tanto el personal de enfermería como los familiares o cuidadores del paciente, estén suficientemente entrenados y capacitados en su cumplimiento. De esta manera, podrían prevenirse en gran medida muchas de las complicaciones relacionadas con los PICCs, fundamentalmente las de tipo mecánico (obstrucciones y salidas) y las infecciosas. [99]

Tres son las principales actuaciones necesarias para garantizar un correcto cuidado de un PICC.

7.1. Cuidado del punto de inserción y de la fijación.

La primera cura tras la inserción del PICC se realiza habitualmente con apósitos de gasa, debiéndose sustituir a las 48 horas por apósitos transparentes transpirables tipo Tegaderm™ que, a su vez, se sustituirán semanalmente o cuando se ensucien o despeguen (Figura 17). De esta manera, el punto de inserción quedará visible, debiéndose explorar diariamente en busca de signos de locales de infección y desplazamiento del catéter. Se debe proteger el apósito durante el aseo diario (incluir el brazo en bolsa plástica).

En cada cambio de apósito se debe limpiar el orificio de inserción y la piel de alrededor con con el antiséptico habitual en la institución, preferiblemente clorhexidina del 1 al 2%, permitiendo el secado completo antes de ser cubierto con el apósito. Además, se debe comprobar el estado del fijador adhesivo o de los puntos de fijación a piel del PICC, sustituyéndose por otros nuevos cuando se objetive inestabilidad de la fijación o pérdida de los puntos. En lactantes y niños pequeños, en los que existe riesgo de salida accidental del catéter, puede ser útil inmovilizar el catéter en el miembro donde está insertado, empleando para ello vendas adhesivas que no presionen el brazo.

Figura 17. Diferentes métodos de fijación de los PICCs (adhesivos y con sutura) y de oclusión del punto de inserción (con apósito de gasa o con apósito transparente).



Coincidiendo con los cambios de apósito, es necesario revisar la correcta fijación del catéter, pudiendo ser necesario renovar periódicamente los fijadores adhesivos o los puntos de sutura.

7.2. Prevención de la oclusión.

Dado que la oclusión del PICC es la complicación más frecuentemente relacionada con su uso, la prevención de la misma es esencial. Para ello, en primer lugar, cuando el PICC o alguna de sus líneas, no esté en uso, se recomienda mantener correctamente sellado con suero salino o, mejor, con soluciones heparinizadas (habitualmente con concentraciones de 20-100 U/ml). Recientemente también se ha demostrado la utilidad de soluciones de sellado que emplean fibrinolíticos o citrato.^[102-104] El volumen de solución de sellado a introducir dependerá del tamaño y la longitud del catéter, recomendándose superar en, al menos, un 20% el volumen de purgado del PICC (i.e., 0,5 mL en PICCs de 2 Fr, 1 mL en los de 3 Fr, 1,5 mL en los de 4 Fr y 2 mL en los de 5 Fr). De esta manera, se asegura que todo el catéter quede ocupado por la solución sellante (Figura 18). Además, los sellados se deben realizar con la técnica de presión positiva. Esto implica que justo antes de que se termine la infusión de la dosis de sellado, debe cerrarse el clamp del catéter. Con ello se previene el reflujo sanguíneo al interior del catéter por su extremo distal. El uso de los nuevos tapones de bioseguridad valvulados para proteger el conector de los PICCs podría ser útil en este aspecto. Siempre que el PICC o algunas de sus luces no se utilicen, deberá renovarse el sellado cada 48-72 horas. Esto implica, por un lado, demostrar el reflujo de sangre a través del catéter, aspirando el sellado anterior y, por otro, la administración de un nuevo sellado con la técnica arriba mencionada.

En segundo lugar, si el PICC está en uso, son esenciales dos medidas de cara a prevenir su obstrucción. La primera de ellas es que, tras cada administración de medicación en bolo o en perfusión, especialmente de aquellas con más riesgo de formar precipitados (nutrición parenteral, lípidos, transfusiones, calcio, determinados sedantes y antibióticos, etc), se debe lavar el catéter mediante la administración de un bolo de suero salino, preferiblemente con la técnica "push&stop". Esta supone administrar el bolo de salino en pequeños pulsos, pero ejerciendo alta presión en la jeringa, buscando desprender cualquier resto de medicación de las paredes del catéter. La segunda, también importantísima, es comprobar diariamente el reflujo de sangre a través del PICC (Figura 18). Esta medida permite detectar precozmente las obstrucciones parciales, que son aquellas en las que la infusión de fluidos o medicación a través del PICC es posible, pero el reflujo de sangre no. El interés por sistematizar esta medida de vigilancia radica en que un porcentaje muy elevado de las obstrucciones parciales podrán ser resueltas con el lavado correcto del catéter y/o con la administración

precoz de fibrinolíticos (urokinasa o alteplasa), evitándose así la progresión hacia una obstrucción total, que obligaría a la retirada del PICC.

Figura 18. Comprobación del reflujo de sangre y administración de solución de sellado.



Otras medidas recomendadas para evitar la obstrucción de los PICCs son lavar inmediatamente el PICC tras la realización de extracciones de sangre o tras la comprobación diaria de la presencia de reflujo, y no mantener medicaciones en perfusión a ritmos demasiado lentos ($<0,5$ mL/h). Por otro lado, para evitar el riesgo de embolia aérea, todas las manipulaciones que impliquen desconexión, se realizarán siempre con el conector situado por debajo del nivel del corazón.

7.3. Prevención de la infección.

Desde el año 2011 las guías del CDC americano y europeo, recomiendan establecer políticas estrictas de prevención de la infección nosocomial, en general, y de la infección

sistémica relacionada con catéteres centrales, teniendo como objetivo fundamental alcanzar la tasa cero de bacteriemia relacionada con catéter o, al menos, la menor tasa posible (Zero CLABSI Project).^[105]

Los estudio publicados por Pronovost et al. en el 2006 y en el 2010, realizados en 107 UCIs del estado de Michigan (EEUU), demostraron que la incorporación de cinco medidas concretas (bundle), dirigidas a prevenir la infección de los catéteres centrales, consiguieron reducir la tasa de bacteriemia a cero durante un periodo de tiempo prolongado.^[97-98, 106] Estas cinco medidas fueron: el lavado de manos, el empleo de medidas de máxima barrera y asepsia durante la inserción, la óptima selección del sitio de inserción, el empleo de clorhexidina para la desinfección de la piel, y la valoración diaria de la necesidad de seguir manteniendo insertado el catéter. Como se aprecia, la mayoría de estas medidas están pensadas para ser aplicadas en CVCs de corta duración, y se centran en el momento de la inserción y no tanto en el cuidado del catéter. Posteriormente, algunas organizaciones o sociedades científicas han propuesto medidas (bundles) más específicas para la prevención de la infección de PICCs. Entre ellas cabe destacar las propuestas por el Grupo Italiano para el estudio de los accesos vasculares de larga duración -GAVeCeLT-).^[94] Estas se resumen en la Tabla 6.

Tabla 6. Grupo de medidas (bundle) del GAVeCeLT para la prevención de la infección sistémica relacionada con los PICCs.

"Bundle" GAVeCeLT para la prevención de la infección sistémica relacionada con PICCs
<ul style="list-style-type: none">• Asegurar un correcto lavado de manos.• Emplear medidas de máxima barrera y asepsia durante la inserción del PICC.• Insertar el PICC con técnica ecoguiada.• Utilizar clorhexidina al 2% para la preparación de la piel antes de la inserción, y para la limpieza periódica del punto de inserción y de los conectores.• Usar de dispositivos adhesivos sin sutura para la fijación de los PICCs.• Emplear apósitos transparentes para cubrir el punto de entrada en piel.• Retirar rápidamente los PICCs que ya no sean necesarios.

Aunque las medidas destinadas a evitar la infección durante la inserción son esenciales, quizás las medidas más fundamentales para la prevención de la infección de los PICCs son las que se aplican durante su cuidado y mantenimiento posterior.^[107-108] Entre todas ellas la más importante en términos de coste-eficiencia, es, sin duda, el correcto lavado de manos

antes de cualquier manipulación del catéter, especialmente cuando se vaya a realizar la sustitución del apósito o del conector. ^[109]

Otras medidas importantes, son el empleo de clorhexidina al 2% para la desinfección periódica del orificio de inserción y de los conectores, antes de cada manipulación, cubrir el punto de inserción con apósitos transparentes transpirables y recambiarlos cada 7 días, y emplear fijadores adhesivos, sin sutura (Figura 19). El empleo de “conectores libres de aguja” (Needle-free connectors) valvulados es hoy en día una rutina. Aunque los estudios sobre seguridad y prevención de la infección son conflictivos, podrían disminuir no solo las infecciones sino, también, las obstrucciones de los PICCs, como se mencionó anteriormente. ^[110-111] La mayoría de las guías actuales recomiendan su uso, debiéndose limpiar con clorhexidina al 2% antes de su manipulación y sustituir no antes de 72 horas. Para la desinfección de conectores se recomienda frotarlos concienzudamente con gasas impregnadas en clorhexidina al 2% en base alcohólica (alcohol isopropílico), al menos durante 15 segundos. Con respecto a las líneas de infusión, se recomienda que sean sustituidas diariamente si se han empleado para administrar nutrición parenteral o hemoderivados, o cada 4-7 días en caso contrario. ^[112]

Figura 19. Principales medidas para la prevención de la infección relacionada con el PICC.



1. Correcta higiene de manos; 2. Medidas de máxima barrera y técnica de inserción ecoguiada; 3. Desinfección del punto de inserción con clorhexidina y fijación del PICC con dispositivos adhesivos; 4. Apósitos transparente para cubrir el sitio de inserción; 5. Desinfección de los conectores con clorhexidina antes de su manipulación; 6. Recambio periódico de conectores y líneas de infusión.

Por último, si se emplean llaves de tres pasos, se recomienda emplear el menor número posible y retirar inmediatamente las que dejen de ser necesarias. Cualquier manipulación del PICC que suponga la desconexión del conector, así como los cambios de apósito semanales, se realizarán con guantes estériles. Para la administración de medicaciones o el recambio de líneas de infusión en PICCs con conectores valvulados, puede ser suficiente el empleo de guantes no estériles, aunque siempre habiendo asegurado el correcto lavado de manos del operador y la óptima desinfección del conector con clorhexidina.

8. Complicaciones relacionadas con su uso.

Con fines didácticos y expositivos, las complicaciones asociadas al uso de los PICCs se pueden clasificar en dos grandes grupos, considerando el momento en el que se originan: complicaciones durante la inserción y complicaciones durante la permanencia.

8.1. Complicaciones durante la inserción

Aunque la incorporación progresiva en las últimas dos décadas de la técnica de canalización ecoguiada ha cambiado radicalmente los resultados de este procedimiento,^[113] la inserción de catéteres centrales de inserción central y tunelizados de implantación quirúrgica se ha asociado tradicionalmente a tasas de fracaso en la canalización de hasta el 35%,^[114] y de aparición de complicaciones de hasta el 19%,^[115] siendo con frecuencia potencialmente graves, como la punción inadvertida de la arteria carótida (hasta en el 37,8%),^[116] el neumotórax (hasta en el 4,2%)^[113] y el hemotórax masivo (hasta en el 1,6%).^[117-121]

Sin embargo, el procedimiento de inserción del PICC es un procedimiento esencialmente seguro y prácticamente libre de complicaciones importantes. Además, cuando se emplean los ultrasonidos para guiar la punción, la tasa de éxito en la inserción es cercana al 100% y la de complicaciones es prácticamente nula.^[122-123] No obstante, las complicaciones más frecuentemente asociadas a la canalización de un PICC son el sangrado local (23%), generalmente de escasa cuantía, a través del irificio de inseción, y el hematoma local postprocedimiento (7%).^[101] Otras complicaciones locales como la punción arterial inadvertida, la lesión venosa, de partes blandas o de nervios periféricos son muy poco frecuentes. Por último, las complicaciones a distancia generadas durante el procedimiento de inserción (neumotórax, hemotórax, embolismo aéreo o de cuerpo extraño, taponamiento cardiaco o lesiones del conducto torácico) son realmente anecdóticas.^[124-126]

De todas formas, la tasa y el tipo de complicaciones relacionadas con el procedimiento de inserción de los PICCs dependen, esencialmente, de las características del paciente, de la

técnica de inserción elegida y de la experiencia del operador. En este sentido, diferentes estudios han demostrado que cuanto más pequeño es el paciente, la dificultad de la técnica es mayor, lo que se refleja en tiempos de procedimiento más prolongados, en menores tasas de éxito global y en primera punción, y en mayor tasa de complicaciones locales. [4, 7, 9]

Por otro lado, los pacientes crónicos, con antecedente de canalizaciones vasculares múltiples, así como los pacientes oncológicos o con antecedentes de trombosis venosas, con frecuencia presentan una significativa disminución del capital venoso periférico, dificultando así la identificación de venas de suficiente calibre para la inserción de un PICC.

[10] Además, determinadas condiciones clínicas como la obesidad, los estados edematosos o críticos, determinadas enfermedades cardiorrespiratorias o las discrasias sanguíneas, también pueden dificultar o impedir la canalización de los PICCs.

La técnica de inserción es también un factor determinante a la hora de reducir las complicaciones relacionadas con la técnica de inserción. En este sentido, y como se comentará más adelante, es bien conocido que, frente a la canalización ecoguiada, la técnica de inserción ciega o por referencias anatómicas, conlleva mayores tasas de fracaso en la canalización y de complicaciones relacionadas con la inserción. [11-14, 127-128] Además, la técnica introducción micro-Seldinger y Seldinger modificada, en comparación con las técnicas clásicas de inserción, aumenta la tasa de éxito en su colocación, reduciendo las complicaciones derivadas de la lesión venosa. [10, 101]

Por último, diferentes estudios han demostrado que el entrenamiento del personal sanitario encargado de la inserción y el cuidado de los PICCs es un factor decisivo a la hora de minimizar las complicaciones. En este sentido, coincidiendo con el mayor uso de los PICCs, desde la década de los 90 y, sobretodo, en la primera década del 2000, se han publicado experiencias muy positivas de diferentes hospitales en los que se implantaron equipos de terapia intravenosa o de acceso vascular, especialmente entrenados, para la inserción de este tipo de catéteres. En la mayoría de los centros, éstos estaban integrados por personal de enfermería, entrenado incluso en el empleo de ultrasonidos, capaz de insertar los PICCs a pie de cama del enfermo, lo que hacía muy eficiente y económico el procedimiento. [129-132]

Programas similares se han descrito en hospitales pediátricos, con resultados también favorables. [133-134] Lo que queda claro es que, para minimizar las complicaciones relacionadas con los PICCs, tanto durante la inserción como durante su permanencia, es esencial establecer programas de formación y entrenamiento específico para el personal sanitario encargado de su cuidado. [127, 135]

8.2. Complicaciones durante la permanencia

a) Complicaciones globales.

Las principales complicaciones relacionadas directamente con la permanencia del PICC son fundamentalmente las de tipo mecánico, infeccioso y trombótico (Figura 20), y las secundarias a malposición de su punta.^[136]

Figura 20. Complicaciones relacionadas con los PICCs. Tomado de: Amerasekera SS, et al. Clin Radiol 2009.^[136]

Complication	Incidence (%)	Symptoms/signs	Imaging	Treatment
Migration (early or late)	1.5	Variable from asymptomatic to cardiac tamponade	CXR, CT	Line removal
Early Malposition	6–10	Variable: catheter dysfunction, perforation SVC/RA, may be asymptomatic	CXR, linogram (fluoroscopy)	Repositioning or catheter exchange
Line fracture	0.2–9.7	Inability to aspirate, any feature of line embolization	CXR, CT,	Line removal
Line embolization	Rare	Wide range, e.g., PE, sepsis, cardiac perforation	CXR, CT, linogram	Endovascular snaring
Haemorrhage	0.5	Haematoma formation	—	Local pressure, surgical ligation
Pneumothorax	Rare	SOB, chest pain	CXR	Conservative, chest drain
Brachial artery puncture	2	Pulsating, high flow blood	—	Compression
Phlebitis/thrombophlebitis	4–21	Redness, pain around exit site, "palpable cord"	Ultrasound	Arm elevation, NSAIDs, gentle exercise
Late Venous thrombosis	1–38.5	Arm pain, swelling	Ultrasound, linogram, MRV	Anticoagulation, line removal, thrombolysis, thrombectomy, central venous angioplasty/stenting
Catheter-related infection	3–5.7	Generalized sepsis	Linogram	Antibiotics, line removal
Wound infection	1–2	Sepsis	Ultrasound	Antibiotics, line removal
AV fistula	Rare	Pulsating mass	Ultrasound	Surgical repair
Line malfunction	7–11.5	Inability to aspirate	Linogram	Intracatheter thrombolysis, balloon angioplasty, sheath stripping using loop snares
Arrhythmia	Rare	SOB, chest pain, palpitations	—	Adjust catheter position, DC cardioversion
Accidental withdrawal	2.5–4.7	—	—	—

SVC, superior vena cava; SOB, shortness of breath; DC, direct current; RA, right atrium; NSAIDs, non-steroidal anti-inflammatory drugs; rare <0.2%; CXR, chest radiograph; MRV, magnetic resonance venogram; CT, computed tomography.

Algunos estudios pediátricos han descrito densidades de incidencias de complicaciones relacionadas con los PICCs que varían entre 1,11 y 19,3 por 1000 días de catéter, dependiendo del tipo de complicaciones registradas, de las características clínicas de los pacientes estudiados, y de la época en la que se realizaron.^[7, 60, 137] En este sentido, los

estudios centrados en el estudio de las complicaciones que obligaron a retirar el PICC, han demostrado que entre el 21 y el 35% de los PICCs insertados en niños deben ser retirados precozmente por la aparición de alguna complicación, generalmente de tipo no infecciosa. [5, 6, 59, 138-139] Jumaní et al, en la mayor serie pediátrica publicada hasta la fecha, analizando 2574 PICCs insertados en 1807 niños, encontraron que en el 20,8% (11,6 por 1000 días de catéter) de los casos fue necesario retirar el catéter por la presencia de alguna complicación. Por orden de frecuencia, las complicaciones encontradas fueron la salida accidental (4,6%), la sospecha de infección (4,3%), la obstrucción (3,7%), la infiltración local (3%), la fuga (1,5%) y la rotura del catéter (1,4%), la flebitis (1,2%) y la trombosis sintomática (0,5%). Por tanto, las complicaciones no infecciosas (16,4%), y fundamentalmente mecánicas, fueron claramente más frecuentes que las complicaciones infecciosas (4,3%). [59] Sin embargo, los estudios que analizaron todas las complicaciones relacionadas con el uso de los PICCs, y no sólo aquellas que motivaron su retirada, han descrito mayor incidencia de complicaciones (19,3 por 1000 días de catéter), aunque menos de un tercio de ellas se consideraron serias, por requerir tratamiento antibiótico, o la retirada o el recambio del catéter. [6, 8]

b) Complicaciones mecánicas.

Las complicaciones mecánicas son, con diferencia, las que con más frecuencia se asocian con el uso de los PICCs, tanto en pacientes adultos como en pediátricos. Parecen ser más probables cuando los PICCs son de pequeño calibre y multilumen, o cuando su punta está alojada en localizaciones no óptimas. Aunque no suelen poner en riesgo la vida del paciente, con frecuencia suponen interrupciones en el tratamiento y obligan a retirar o sustituir el catéter. [8]

Se han descrito diferentes complicaciones de tipo mecánico con el uso de los PICCs. De todas ellas, las más importantes son la obstrucción y la salida accidental del catéter. Además de éstas, también se incluyen dentro del grupo de complicaciones mecánicas la migración indeseada, la flebitis mecánica (irritativa) y la rotura parcial o total del catéter.

• Obstrucción

La obstrucción es la complicación más frecuentemente asociada al uso de los PICCs, afectando a entre el 2% y el 18% de los catéteres, habiéndose descrito incidencias de hasta 10,6 por 1000 días de catéter. Sin embargo, las incidencias publicadas de obstrucción como motivo de la retirada del PICC son significativamente menores, variando de 0,06 a 2,47 por 1000 días de catéter. [6, 9, 57, 134] No obstante, en la última década, la mejoría de los

materiales de fabricación y la incorporación de las modernas técnicas de inserción y cuidado, han conseguido reducir las tasas de obstrucción de los PICCs desde un 14,9-22% hasta un 3-9%. ^[140]

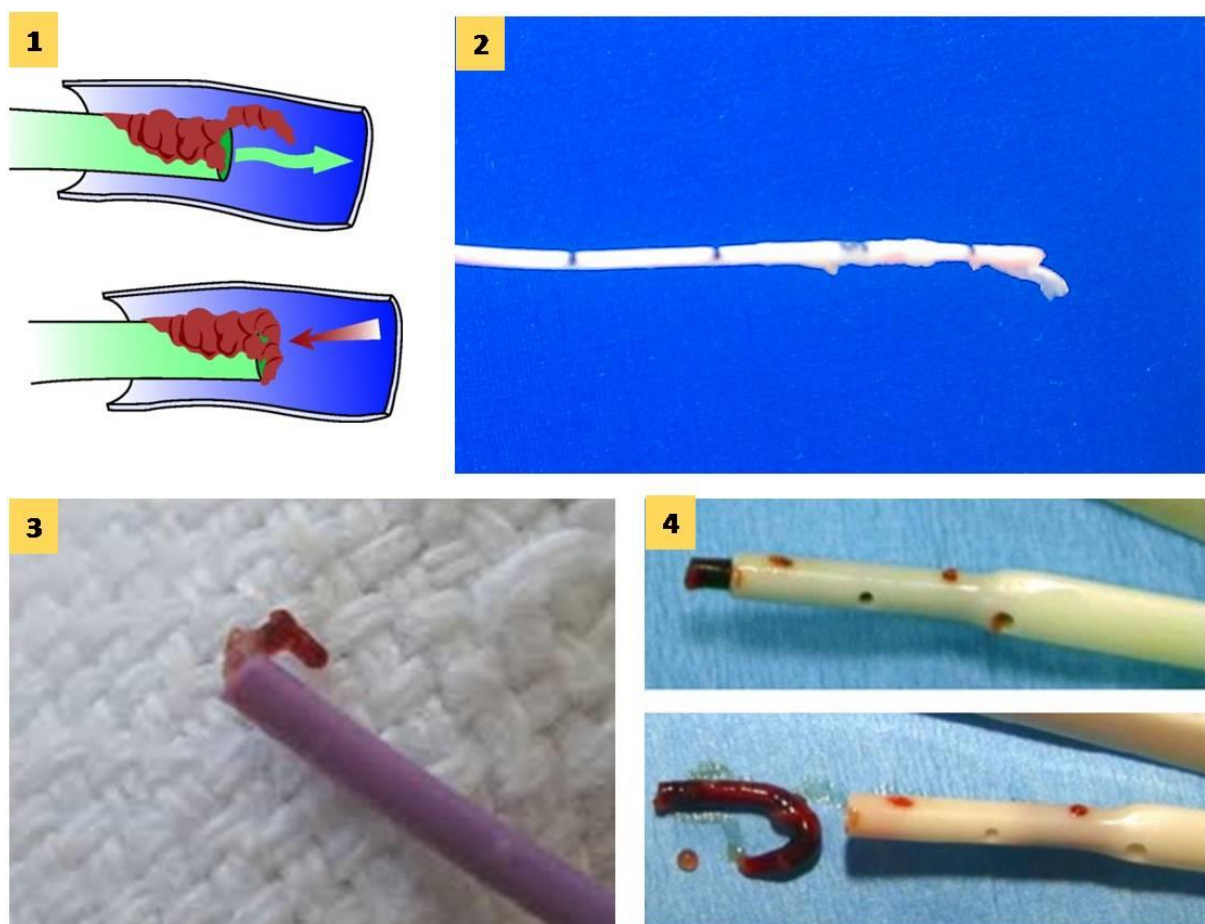
Figura 21. Clasificación etiopatogénica, métodos diagnósticos y medidas terapéuticas de las obstrucciones relacionadas con catéteres. Tomado de: Baskin JL, et al. Lancet 2009. ^[141]

	Diagnosis	Treatment	Level of evidence*
Mechanical obstruction			
Kink in catheter or tubing, tight suture, or clamp closed on external catheter ²³⁻²⁵	Inspect catheter	Correct mechanical dysfunction	5
Port access needle dislodged or occluded in port ²⁶⁻²⁸	Assess port access needle placement	Replace needle if necessary	5
Catheter tip blocked by vessel wall ²³⁻²⁵	Reposition patient	Reposition patient	5
Pinch-off syndrome ²⁶⁻²⁸	Fluoroscopy	Remove catheter if at risk for fracture	3b
Obstruction related to drug or parenteral nutrition			
Low pH (acidic) ^{23,24,29,30}	Review drug	Hydrochloric acid 0.1 mol/L†	4
High pH (basic) ^{23,24,29,31}	Review drug	Sodium hydroxide 0.1 mol/L or sodium bicarbonate 1.0 mol/L	4
Calcium phosphate precipitate ^{24,25,29,30,32}	Review drug	Hydrochloric acid 0.1 mol/L†	4
Lipid emulsion ^{24,25,29,33}	Review parenteral nutrition preparations	Ethanol 70%	4
Thrombotic obstruction			
Fibrin sheath or intraluminal clot ^{34,35}	Radiography after instillation of contrast into the catheter (linogram)	Intraluminal thrombolytic drugs	1b
Mural thrombus or venous thrombosis ^{34,35}	Ultrasound or venography	Anticoagulant treatment (rarely resolves with intraluminal thrombolytic drugs)	2c
*Levels of evidence as defined in Oxford Centre for Evidence Based Medicine. ³⁶ †No longer used in some institutions because of concern about damage to the catheter wall.			
Table 1: Causes of central venous catheter occlusions³ and recommendations for treatment			

Considerando la localización en la que se origina la obstrucción, se pueden diferenciar dos tipos, las intraluminales y las extraluminales, y atendiendo a la causa, se distinguen las

trombóticas y las no trombóticas. Las obstrucciones intraluminales, ocurren habitualmente por precipitado de fármacos o por formación de coágulos en el interior del catéter (Figura 21) y, con frecuencia, son el resultado de un manejo inadecuado del PICC: infusiones excesivamente lentas, concentraciones o combinaciones de fármacos inapropiadas, lavados periódicos del catéter insuficientes o deficientes, desconexiones accidentales o sellados defectuosos del catéter mientras no está en uso, etc. Con frecuencia limitan o impiden tanto la infusión como la aspiración a través del catéter afectado. Por este motivo su resolución rara vez es posible y, por tanto, con frecuencia obligan a la retirada del catéter.^[93]

Figura 22. Diferentes tipos de obstrucción de los PICCs.



1. Mecanismo de obstrucción valvular por un manguito de fibrina o trombos ubicados en la punta del PICC; 2. Manguito de fibrina en el extremo distal de un PICC; 3. Trombo incipiente extraluminal en la punta del PICC; 4. Trombo intraluminal.

Por otro lado, las obstrucciones extraluminales son las originadas por material depositado en el exterior del catéter, siendo los manguitos de fibrina o la formación de trombos alrededor de su punta, las dos causas más frecuentes (Figura 22). En estadios iniciales suelen permitir la infusión de fluidos a través del catéter, pero limitan la aspiración de sangre. Sin embargo, y a diferencia de las intraluminales, la probabilidad de resolver este tipo de obstrucciones con la administración puntual de fármacos fibrinolíticos (rt-PA o urokinasa) es relativamente alta. En ciertas ocasiones, la obstrucción extraluminal es secundaria a malposición, pinzamiento o acodamiento del PICC. En este caso, el reposicionamiento del mismo, sin proceder a su retirada, puede también resolver la obstrucción.^[142]

- **Salida accidental**

La salida accidental del PICC supone el segundo tipo más frecuente de complicación mecánica en la mayoría de las series publicadas. Con más frecuencia es parcial que total, lo que ocasiona la migración de la punta del PICC a localizaciones no centrales, que pueden comprometer su eficacia y facilitar la aparición de otras complicaciones, haciendo recomendable su recolocación en muchos casos (Figura 23). Por otro lado, la salida completa del PICC es menos frecuente, pero implica la interrupción del tratamiento y la necesidad de colocar un nuevo catéter.^[60, 136]

Figura 23. Salida accidental parcial por pérdida de los puntos de fijación a piel.



La salida accidental de los PICCs es más frecuente en los pacientes pediátricos que en los adultos y en los neonatos, habiéndose publicado incidencias que varían desde 0,12 a 3,0

por 1000 día de catéter. Probablemente esto está relacionado con la mayor actividad física y la dificultad de optimizar la fijación y los cuidados del catéter, característicos del paciente pediátrico. [5, 6, 9, 59, 134] En este sentido, aunque la fijación con sutura de los PICCs no está recomendada en pacientes adultos, ya que puede incrementar las complicaciones de tipo mecánico, infeccioso y trombotico, algunos estudios han demostrado que puede disminuir significativamente la complicación por salida accidental en pacientes pediátricos. [143-145]

c) Complicaciones infecciosas.

Las complicaciones infecciosas de los PICCs siguen en frecuencia a las complicaciones mecánicas. En un recientemente meta-análisis en el que se compararon las complicaciones infecciosas relacionadas con el uso de diferentes dispositivos intravasculares en pacientes adultos, las incidencias más bajas de infección sistémica relacionadas con catéter, se encontraron con los catéteres venosos periféricos (0,1%, 0,5 por 1000 días de catéter) y con los catéteres de línea media (0,4%, 0,2 por 1000 días de catéter), seguidos por los catéteres tipo PICO (2,4%, 2,1 por 1000 días de catéter), mientras que con los CVCs estas fueron significativamente mayores (4,4%, 2,7 por 1000 días de catéter). Los catéteres tunelizados tipo Hickman (22,5%, 1,6 por 1000 días de catéter) o Port (3,6%, 0,1 por 1000 días de catéter) se asociaron a incidencias algo menores que los PICCs. [28] Comparados específicamente con los CVCs, la tasa de infección sistémica relacionada con los PICCs fue casi la mitad [RR 0,62 (IC95% 0,40-0,94)], siendo incluso menor en pacientes ambulatorios [RR 0,22(IC95% 0,18-0,27)] que en hospitalizados [RR 0,73 (IC95% 0,54-0,98)]. [146]

En pacientes pediátricos se han descrito incidencias que varían desde 0,2 a 6,4 por 1000 días de catéter. [77, 79, 138, 139, 147, 148] Advani et al., estudiando 2592 PICCs insertados en 1819 niños durante 44972 días, describieron una tasa de infección de 4,48% y una incidencia de 2,58 por 1000 días de catéter. [148] La variabilidad tan importante en las tasas descritas de infección relacionadas con los PICCs puede ser explicada por la heterogeneidad de los estudios, y por las definiciones de infección tan diversas utilizadas en ellos.

El Centro de Control y Prevención de Enfermedades americano (US-CDC) publicó en el año 2002 unas guías para la prevención de la infección relacionada con catéter en el paciente pediátrico. [149] En ellas se especificaba que para establecer el diagnóstico de infección relacionada con catéter era necesario aislar el mismo germen en dos muestras de sangre, una extraída del catéter sospechoso y otra de una vena periférica por punción, y que, además, el recuento de gérmenes o la velocidad de crecimiento en los medios de cultivo fuera mayor en la muestra extraída del catéter. También se admitía el diagnóstico cuando el

germen aislado en el cultivo de la punta del catéter recogida tras la retirada del mismo, coincide con el aislado en el hemocultivo extraído de sangre periférica. Sin embargo, dado que en el paciente pediátrico no siempre son posibles o deseables la punción periférica o la retirada del catéter central, muchos estudios han utilizado criterios menos estrictos, pero más realistas, para establecer el diagnóstico de infección relacionada con el PICC.^[60] En este sentido, algunos autores han propuesto adaptar los criterios del US-CDC a los pacientes pediátricos, distinguiendo entre infección sistémica relacionada con catéter probada, probable y posible (Tablas 7a y 7b).

Tabla 7a. Definiciones de los diferentes tipos de infecciones locales relacionadas con catéter. Adaptado de : Randolph AG, et al. *Pediatr Crit Care Med* 2005.^[150]

Infecciones locales
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Contaminación del catéter:</i> crecimiento significativo de microorganismos en cultivos semicuantitativos (>15 UFC) o cuantitativos (>1000 UFC) de la punta, del segmento subcutáneo o del conector del catéter. • <i>Infección del punto de inserción:</i> eritema o induración dolorosa que afecta a la puerta de entrada del catéter o a los primeros 2 cm de su recorrido subcutáneo. • <i>Infección del trayecto subcutáneo -tunelitis-:</i> eritema, induración dolorosa o supuración que afecta al trayecto subcutáneo de un catéter tunelizado (Hickman, Port-A-Cath), más allá de los primeros 2 cm desde el orificio de inserción. Retirar rápidamente los PICCs que ya no sean necesarios • <i>Infección del bolsillo subcutáneo:</i> presencia de secreción purulenta en el bolsillo subcutáneo donde se aloja el reservorio de un catéter tipo Port-A-Cath, con o sin necrosis o supuración a través de la piel suprayacente.

De manera práctica, podrían distinguirse dos tipos de infecciones relacionadas con catéter, las locales (infecciones de la puerta de entrada) y las sistémicas (bacteriemia y sepsis). Las infecciones locales relacionadas con los PICCs son, en general, poco frecuentes y leves. Con frecuencia están causadas por gérmenes habituales de la flora cutánea (*Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium*, etc). Suelen conllevar enrojecimiento y supuración en el punto de inserción del catéter, estando el paciente habitualmente asintomático. En estos casos el tratamiento con antisépticos o antibióticos tópicos suele resolver la infección, sin ser necesaria la retirada del catéter.

Tabla 7b. Definiciones de los diferentes tipos de infecciones sistémicas relacionadas con catéter.Adaptado de : Randolph AG, et al. *Pediatr Crit Care Med* 2005. ^[150]

Infecciones sistémicas
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Infección sistémica relacionada con el fluidos infundido</i>: identificación del mismo microorganismo en el hemocultivo (preferiblemente extraído por venopunción periférica) y en el fluido infundido. • <i>Infección sistémica relacionada con el catéter</i>: <ul style="list-style-type: none"> ○ Probada → Presencia de hemocultivo periférico positivo y al menos uno de los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificación del mismo germen en el cultivo de la punta o de un segmento del catéter. ▪ Realización de hemocultivos cuantitativos simultáneos del catéter y de sangre periférica, con crecimiento 5 veces mayor o identificación al menos 2 horas antes del mismo germen en el hemocultivo extraído del catéter que en el periférico. ▪ Identificación del mismo germen que en el hemocultivo periférico, en la secreción purulenta de la puerta de entrada o del túnel del catéter. ○ Probable → 1 o 2 de los siguientes criterios deben estar presentes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sepsis clínica relacionada con catéter: cultivo positivo de la punta o un segmento del catéter, en un paciente con sepsis clínica, sin otro foco que la explica, que se resuelve sin antibióticos en las siguientes 48 horas tras la retirada del catéter. ▪ Bacteriemia/fungemia: al menos dos hemocultivos positivos (siendo al menos uno un periférico) con gérmenes comensales de la piel, en un paciente portador de un catéter, siendo el cultivo del catéter negativo. ○ Posible → 1 o 2 de los siguientes criterios deben estar presentes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sepsis clínica relacionada con catéter: cultivo positivo de la punta o un segmento del catéter, en un paciente con sepsis clínica, sin otro foco que la explica, que se resuelve con la retirada del catéter y el inicio de antibióticos. • <i>Bacteriemia/fungemia</i>: al menos un hemocultivo positivos (del catéter o periférico) con gérmenes comensales de la piel, en un paciente portador de un catéter, siendo el cultivo del catéter negativo.

Con menos frecuencia la infección puede afectar al tejido subcutáneo (tunelitis) o a la vena periférica (flebitis) en la que está alojada el catéter, ocasionando la aparición de un cordón eritematoso, caliente y doloroso, de extensión variable, con o sin fiebre acompañante. En

estos casos la retirada del catéter sí es recomendable. Por otro lado, la infección sistémica relacionada con el catéter central es aquella en la que, a partir de un catéter contaminado, se origina una bacteriemia/sepsis, siendo la expresión clínica más habitual la fiebre sin foco. En estos casos los gérmenes son con más frecuencia bacterias gram negativas u hongos y, por tanto, las posibilidades de descompensación grave del paciente son también mayores. En la gran mayoría de los casos será necesaria la retirada urgente del catéter sospechoso y la administración de antibióticos por vía parenteral. ^[151]

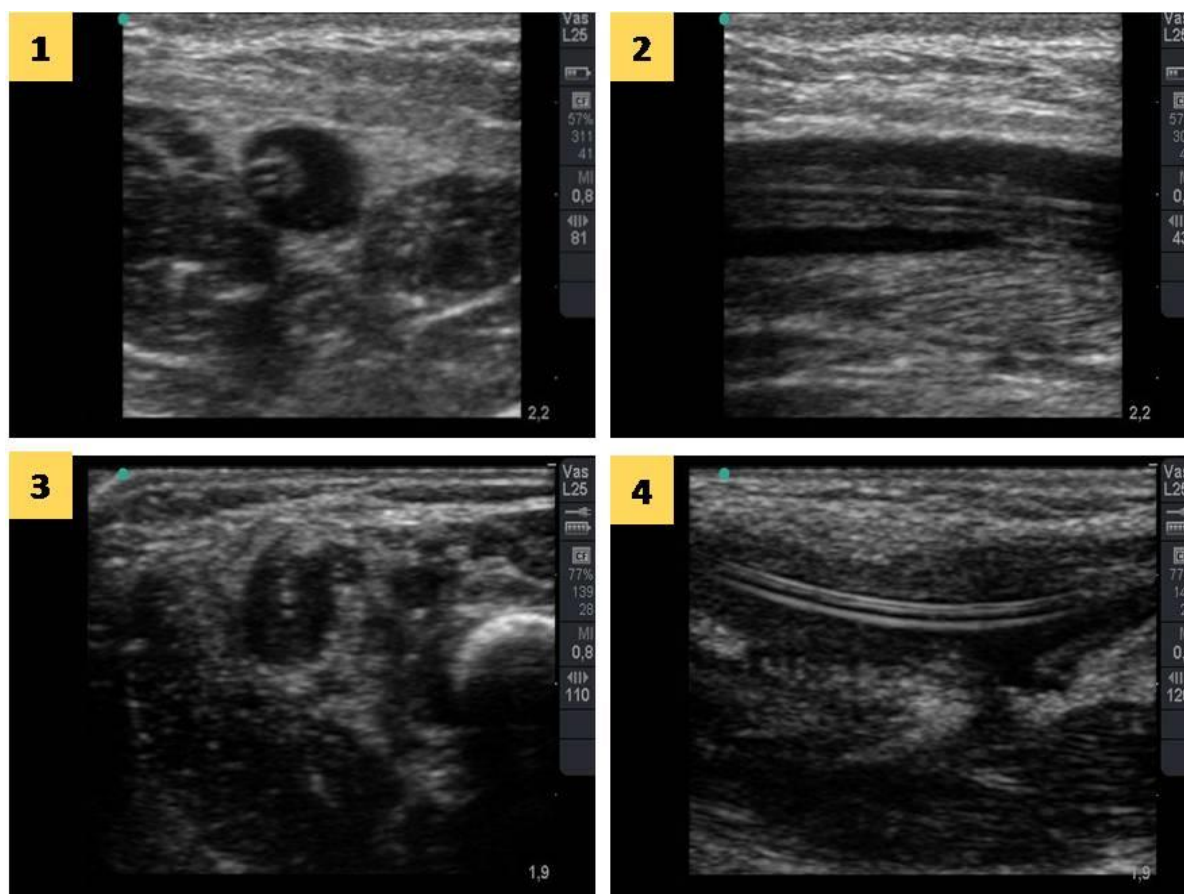
d) Complicaciones trombóticas.

Estudios realizados en adultos han descrito tasas de trombosis venosa profunda sintomática relacionada con PICC que varían desde el 1% hasta el 38,5%, dependiendo de la población estudiada, los métodos diagnósticos empleados y el empleo de tromboprofilaxis. ^[152-156] Sin embargo, diferentes autores han reportado tasas de trombosis venosa profunda asintomática relacionada con PICCs considerablemente mayores, oscilando entre el 23,3% y el 38,5%. ^[152, 155, 157, 158] Así, una revisión sistemática reciente, ha demostrado que los estudios en los que se empleó el despistaje sistemático de TVP reportaron tasas de TVP relacionada con el PICC significativamente mayores que los estudios en los que el estudio de trombosis sólo se realizó en pacientes sintomáticos (24,2%; IC95% 17,9-50,4 vs 4,3%; IC95% 3,4-5,2). ^[159]

Con el progresivo incremento en el uso de los PICCs en niños durante las últimas dos décadas, las complicaciones trombóticas también ha ido aumentando en los hospitales pediátricos (Figura 24), ^[160] habiéndose descrito tasas de entre el 0% y el 5%. ^[6, 9, 59, 161] En niños, Dubois et al., utilizando la ecografía para el despistaje sistemático de trombosis venosa en niños, describieron una tasa de TVP relacionada con PICCs de 9,6% (densidad de incidencia 3,85 por 1000 días de catéter). ^[161]

Con respecto a las tasas de trombosis relacionadas con otros dispositivos, algunos estudios pediátricos prospectivos han descrito tasas de TVP relacionadas con CVC de inserción central que varían desde 9 a 18,3% en catéteres en posición subclavia o yugular, ^[162, 163] y desde 27 a 35% en catéteres en posición femoral. ^[164] Por tanto, en pacientes pediátricos, el riesgo de TVP relacionada con PICCs parece menor que la descrita con los CVCs. Sin embargo, estudios recientes realizados en pacientes adultos han reportado tasas de TVP de las extremidades superiores más elevadas con PICCs (OR 13,0; IC95% 6,1-27,6) que con CVCs (OR 3,4; IC95% 1,7-6,8). ^[165]

Figura 24. Imágenes ecográficas en las que se muestra una trombosis parcial (1: transversal; 2: longitudinal) y una trombosis completa (3: transversal; 4: longitudinal) de una vena basilica canalizada con un PICC.



e) Complicaciones por malposición de la punta.

Diferentes estudios realizados tanto en adultos como en niños, han demostrado que, frente a otras localizaciones, la colocación de la punta del PICC en posición central se asocia a menor tasa de complicaciones, tanto globales como de tipo mecánico, infeccioso y trombótico.^[136, 166, 167] Aunque sigue siendo un tema un tanto controvertido, la mayoría de los autores están de acuerdo en que, para definir si un PICC está en posición óptima, su punta debe quedar alojada en el interior de la vena cava superior o inferior, cerca de su desembocadura en la aurícula derecha. Algunos, además, defienden que sólo se pueden clasificar como óptimamente posicionados aquellos PICCs cuya punta resida a nivel del tercio distal de la vena cava superior, a nivel de la unión cava-aurícula derecha o, incluso, a nivel intraauricular, siempre y cuando la punta no impronte sobre la pared de la aurícula, no genere arritmias y no penetre en el seno coronario o traspase la válvula tricúspide.^[168, 169] Las puntas localizadas en venas centrales, diferentes a la vena cava superior o parte alta de

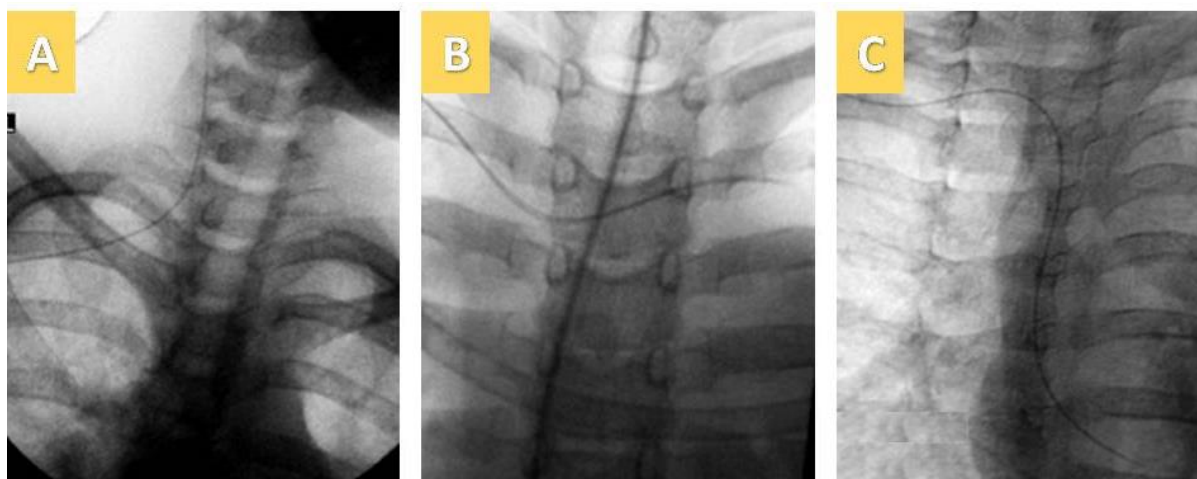
la inferior (troncos braquiocefálicos, venas subclavias o vena cava inferior distal al diafragma) son consideradas centrales, pero subóptimas, ya que, algunos autores, en comparación con el posicionamiento en VCS/AD, también han encontrado mayor tasa de complicaciones. Las puntas localizadas en cualquier otra localización distinta de las anteriores, deben ser consideradas no centrales y, por tanto, malposicionadas, siendo muy recomendable la recolocación del catéter.^[65]

En pacientes adultos, la tasa descrita de posicionamiento no central de PICCs insertados a pie de cama del paciente, con técnica ciega, varía entre el 10%^[158] y el 40%.^[134, 170-72] Las posiciones no óptimas en las que con más frecuencia quedan alojadas las puntas de los PICCs son, por orden de frecuencia (Figura 25), la vena yugular interna ipsilateral (36%), la vena axilar ipsilateral (27%), la vena subclavia ipsilateral (19%) y el tronco braquiocefálico ipsilateral (11%). Algunos estudios pediátricos han publicado tasas de malposición de la punta del PICC de entre el 17 y el 35%, dependiendo, fundamentalmente, de la población de estudio, de la técnica de inserción y de la experiencia de los operadores.^[59, 173]

Los mecanismos propuestos para explicar la mayor tasa de complicaciones en PICCs no centrales, son la disminución de la sección, y la mayor tortuosidad y variabilidad anatómica propia de las venas menos centrales. Esto, por un lado, implicaría la presencia de flujos sanguíneos más reducidos y turbulentos, aumentando el tiempo de exposición del endotelio a las soluciones infundidas. Por otro lado, la punta del catéter podría quedar, con más frecuencia, protruyendo sobre la pared de la vena.^[174]

La técnica de imagen utilizada clásicamente para confirmar la punta del PICC tras completar su inserción es la radiografía simple del tórax. No obstante, estudios recientes ponen en entredicho su validez. En este sentido, aunque algunos autores han propuesto que, idealmente, la punta del PICC debe quedar alojada 2-3 cm por debajo de la carina, diferentes factores (tamaño y posición del paciente, fase del ciclo respiratorio en la que se realizó la exploración, tipo y calibre de catéter, etc) pueden alterar la precisión de esta medida. Por ejemplo, se ha descrito en adultos que la aducción del brazo puede hacer que la punta del PICC progrese caudalmente hasta 2 cm, y que el cambio de decúbito supino a bipedestación desplace cranealmente la punta hasta 3.2 cm.^[175, 176]

Figura 25. Imágenes de puntas de PICCs mal posicionadas.



A: Punta del PICC en vena yugular interna derecha; B: punta del PICC en tronco braquiocefálico contralateral; C: Punta del PICC en ventrículo derecho.

Para aumentar las probabilidades de conseguir un correcto posicionamiento, es deseable emplear durante el procedimiento de canalización la guía ecográfica para intentar monitorizar la progresión del mismo. Para ello se debe colocar la sonda en la base del cuello del paciente para, al menos, descartar la progresión hacia la vena yugular interna ipsi o contralateral, y hacia la vena subclavia contralateral. Además, se puede completar la monitorización ecográfica realizando una ecocardiografía antes de proceder a la fijación del catéter, pues en muchas ocasiones (especialmente en lactantes y niños pequeños) podrá confirmarse la localización de la punta en la unión VCS-AD (planos: subxifoideo eje de cavas o apical 4 cámaras). También se podría emplear la monitorización electrocardiográfica u otros dispositivos comerciales específicos para optimizar el posicionamiento de estos catéteres.^[177]

IV. TECNICA DE CANALIZACION ECOGUIADA DE PICCs.

Actualmente la técnica ecoguiada se considera la de elección para la canalización de PICCs, tanto en pacientes adultos como pediátricos.^[54, 178] Como se describirá a continuación, comparada con otras técnicas de inserción, permite optimizar la selección del catéter, la vena y el sitio de punción, aumenta muy significativamente las probabilidades de éxito global y, especialmente, en primera punción, y reduce las complicaciones durante el procedimiento, siendo su coste, además, relativamente bajo. Además, la técnica ecoguiada facilita la punción de venas inhabituales (como el tronco braquiocefálico), así como de venas

clásicas, pero en localizaciones diferentes (como la punción de las venas basilíca, cefálica o humeral en el tercio medio del brazo), en las que éstas no se ven ni se palpan. Por estos motivos, la canalización ecoguiada es especialmente útil en aquellos pacientes pediátricos o con enfermedades crónicas, en los que, con frecuencia, el capital venoso periférico es de pequeño tamaño o se encuentra muy reducido como consecuencia de venopunciones de repetición o de trombosis previas.

1. Técnicas de canalización clásicas.

Hasta la incorporación de la ecografía durante la primera década del presente siglo, la mayoría de los PICCs se insertaban a pie de cama del enfermo, generalmente por enfermeras, empleando la **técnica ciega o de referencias anatómicas**. La inserción se realizaba en aquellas localizaciones en las que las venas periféricas eran visibles o palpables, es decir, a nivel de la fosa antecubital, el antebrazo, el tobillo o el cuero cabelludo. De esta manera, las localizaciones válidas para su inserción eran limitadas y, además, las probabilidades de éxito en la canalización eran menores (60-85%), especialmente en niños pequeños o con antecedentes de punciones venosas repetidas. ^[64, 134] A pesar de que la inserción de un PICC con técnica ciega tradicionalmente se ha considerado un procedimiento de bajo riesgo, se han descrito complicaciones locales en forma de lesión venosa y formación de hematomas locales hasta en el 15% de los procedimientos, de punción arterial inadvertida hasta en el 2%, y de sangrado local significativo hasta en el 0,5%. ^[179] Además, la punción arterial puede dar lugar a la formación de fístulas arteriovenosas, que requieran reparación quirúrgica. ^[180] De manera anecdótica, también se han descrito complicaciones en forma de neumotórax y hemotórax. ^[140]

En la última década del siglo pasado, algunos centros hospitalarios, sobretodo aquellos con alto grado de especialización, también desarrollaron diferentes **técnicas radioscópicas** para facilitar la inserción de los PICCs. Con ellas, la administración de contrastes intravenosos y el uso de imágenes radioscópicas en tiempo real, permitían, por un lado, identificar el vaso objetivo, y, por otro, guiar la punción del vaso y la inserción del catéter, y posicionar correctamente su punta. En 1997, Crowley et al., analizando 523 inserciones de PICCs en pacientes pediátricos utilizando esta técnica, describieron una tasa de éxito de canalización elevada (92,9%). Además, la gran mayoría (80%) de las canalizaciones exitosas se consiguieron en el primer intento de punción, y en la gran mayoría de los casos (96,9%), la punta del catéter se colocó de manera óptima en el interior de la vena cava superior. El fracaso en la canalización fue significativamente mayor en pacientes menores de 5 Kg y de 24 meses de edad. ^[10]

2. Técnica de canalización ecoguiada.

Como ya ha sido mencionado anteriormente, la canalización vascular en el paciente pediátrico con cierta frecuencia puede resultar especialmente dificultosa, habiéndose descrito, en general, menores tasas de éxito y mayores tasas de complicaciones que en el paciente adulto. ^[123] Esto puede explicarse por el menor tamaño, la mayor movilidad y la mayor variabilidad anatómica característicos de los vasos sanguíneos de los niños. También porque, como consecuencia de la ansiedad y el dolor generados por el procedimiento, es habitual la falta de cooperación del niño durante la canalización, lo que, muchas veces, obliga al empleo de fármacos sedantes o anestésicos. Otros factores propios de la edad pediátrica, que también se han relacionado con la dificultad en la canalización vascular son el tipo y la localización del vaso elegido, el tamaño y la condición clínica basal del niño, la presencia de alteraciones o variantes anatómicas desfavorables y el antecedente de punciones o canalizaciones repetidas, con agotamiento del capital vascular del paciente. ^[181-183]

Durante la última década del siglo pasado y, sobre todo, en la primera del presente, la inserción guiada por ultrasonidos se erigió como la técnica de elección para la colocación de CVCs de inserción central, al demostrarse que, frente a otras técnicas, y tanto en pacientes adultos como en niños, claramente aumentaba el éxito de la canalización y, sobre todo, reducía muy significativamente las complicaciones asociadas a la punción de venas centrales (neumotórax, hemotórax, punción arterial inadvertida, etc), acortando los tiempos del procedimiento. ^[113, 116, 120, 121, 184-194] Además, estas ventajas son todavía más evidentes cuando los operadores no tienen tanta experiencia con la técnica de inserción por referencias anatómicas y, especialmente, cuando la anatomía o la situación clínica del paciente son desfavorables. ^[195-199] Por último, la canalización ecoguiada de accesos centrales también ha demostrado ser un procedimiento coste-eficiente, habiéndose estimado una reducción del coste por complicaciones derivadas de la canalización de unos 2200 euros por cada 1000 catéteres canalizados. ^[200]

Probablemente en base a los resultados tan convincentes obtenidos con la inserción de los CVCs de inserción central, la técnica de inserción guiada por ultrasonidos también fue implantándose progresivamente para la colocación de los PICCs, especialmente en la primera década del siglo XXI. Actualmente, como ocurre con los CVCs, es también considerada la técnica de inserción de elección para la colocación de PICCs. ^[54] Son muchos los estudios, realizados tanto en adultos como en niños, que han descrito tasas de éxito muy elevadas (siempre superiores al 90% y, con frecuencia, cercanas al 100%), así como tasas ínfimas de complicaciones cuando se emplea esta técnica para insertar los PICCs. ^[11, 12, 14, 127, 128, 201-204]

Comparada con la técnica ciega, la probabilidad de éxito global y en primera punción con la técnica ecoguiada es significativamente más elevada. ^[199, 205] Esto es de gran importancia, especialmente en el paciente pediátrico, pues permite disminuir el dolor y el discomfort asociados al procedimiento, reducir la necesidad de administrar fármacos sedantes y analgésicos, acortar la duración del procedimiento y evitar algunas complicaciones locales (flebitis y trombosis). ^[63] También, las complicaciones locales en forma de la vena, los nervios o las partes blandas, así como la punción arterial inadvertida son mucho menores. ^[206]

Comparada con la técnica radioscópica, con la inserción ecoguiada de PICCs se consiguen tasas de éxito y de complicaciones similares. Sin embargo, la técnica ecoguiada tiene un coste significativamente menor, disminuye la utilización de recursos materiales y humanos, se puede realizar a pie de cama por personal entrenado, no necesariamente médico, y evita la exposición de los pacientes a radiación ionizante. Analizando 2650 inserciones de PICCs en pacientes adultos (2126 con técnica ecoguiada y 524 con técnica radioscópica), Chrisman et al. no encontraron diferencias significativas ni en el tasa de éxito (99,6% Vs 95,6%) ni en la de complicaciones (1,08% Vs 0,75%). No obstante, la tasa de éxito de canalización en primera punción fue significativamente mayor y el coste por procedimiento fue considerablemente menor en los pacientes canalizados con técnica ecoguiada. ^[207]

Como resultado de toda esta evidencia científica acumulada, recientemente se han publicado guías y documentos de consenso internacionales, que defienden el uso sistemático de la ecografía como método de referencia para la canalización no sólo de catéteres venosos centrales, sino también de catéteres arteriales y de PICCs tanto en adultos como en niños (Figura 27). ^[54, 208]

Figura 26. Recomendaciones internacionales basadas en la evidencia sobre la utilización de los ultrasonidos en la canalización vascular de pacientes pediátricos. Tomado de: Lamperi M, et al. Intensive Care Med 2012.^[54]

Table 3 Recommendations on ultrasound vascular access in neonates and children

Ultrasound vascular access in neonates and children				
Domain code	Suggested definition	Level of evidence	Degree of consensus	Strength of recommendation
D4.SD1.S1–2	Ultrasound guidance should be routinely used for short- and long-term central venous access in children and neonates	A	Very good	Strong
D4.SD1.S3	Ultrasound vessel imaging with ultrasound assistance as a minimum should be routinely performed before internal jugular vein puncture in neonates	A	Very good	Strong
D4.SD1.S4	In neonates, ultrasound screening should be used before subclavian vein puncture. Ultrasound-guided puncture should be considered for catheterization using the supra-clavicular route, but this technique requires experienced operators	C	Some	Weak
D4.SD1.S5	Ultrasound vessel screening should be routinely used before femoral vein puncture. Ultrasound-guided femoral puncture is recommended to decrease inadvertent arterial puncture	B	Very good	Strong
D4.SD1.S6	Ultrasound guidance can be considered when difficult peripheral venous access is required in areas such as the antecubital fossa and ankle. Blind deep antecubital fossa puncture should disappear	C	Very good	Strong
D4.SD1.S7	Ultrasound-guided arterial catheterization improves first-pass success and should be used routinely in children and neonates	A	Very good	Strong
D4.SD1.S8	After central venous catheter placement in paediatric patients including neonates, the ultrasound equipment should remain easily accessible at the patient's bedside to detect early life-threatening catheter-related complications such as pneumothorax, cardiac tamponade and hemothorax	B	Very good	Strong
D4.SD1.S9	There is no ideal site for cannulation in children; the best site should be determined after ultrasound examination	A	Very good	Strong

En las Tablas 8 y 9 se resumen las principales ventajas e inconvenientes del método de canalización vascular ecoguiado con respecto al método basado en referencias anatómicas.^[209]

Tabla 8. Ventajas e inconvenientes de la inserción ecoguiada de PICCs en comparación con la técnica ciega o de referencias anatómicas.

Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Permite estudiar el capital venoso central y periférico del paciente, localizar la vena, conocer su calibre, dirección, permeabilidad y relación con otras estructuras cercanas. • Es esencial en la selección de la vena y el catéter óptimos. • Favorece la inserción en el tercio medio del brazo. • Aumenta el éxito de canalización en primera punción. • Confirma la correcta localización y progresión de la guía por el interior del vaso. • Detecta precozmente o descarta muchas de las complicaciones inmediatas asociadas al procedimiento.

Tabla 9. Inconvenientes de la inserción ecoguiada de PICCs en comparación con la técnica ciega o de referencias anatómicas.

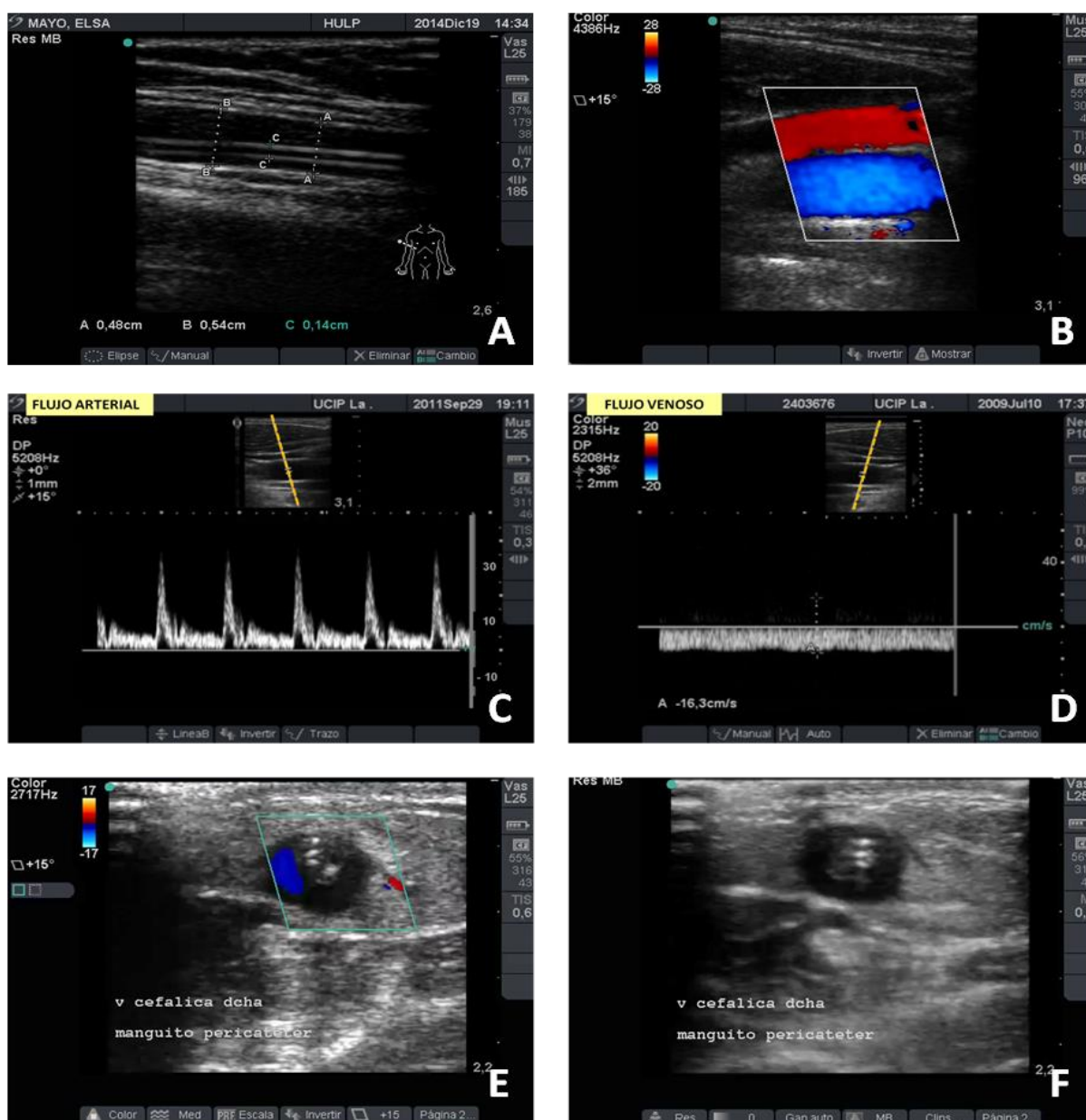
Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> • Técnica más compleja. Requiere coordinación viso-motora y entrenamiento específico. • Visualización de la punta de la aguja no siempre fácil, favoreciendo la aparición de complicaciones en manos inexpertas. • Desembolso inicial considerable. • El empleo de sondas de baja resolución (baja frecuencia) o tamaño excesivo, puede ser limitante, especialmente en niños pequeños.

2.1. El ecógrafo y las sondas

Por su versatilidad, portabilidad y coste, los ecógrafos compactos son, actualmente, los que se utilizan con más frecuencia para realizar canalizaciones vasculares ecoguiadas (Figura 27). A pesar de que sus prestaciones son sensiblemente más reducidas que las de los grandes ecógrafos, utilizados generalmente por radiólogos, los nuevos ecógrafos compactos ofrecen una calidad de imagen muy notable, con la gran ventaja de ser compactos y muy portables. Estas dos características son esenciales para la realización de procedimientos a pie de cama del enfermo en plantas de hospitalización, unidades de urgencias, cuidados intensivos o quirófanos, donde el espacio físico suele ser reducido. Otras ventajas importantes de los ecógrafos compactos es la simplificación en la botonadura, lo que puede facilitar el aprendizaje y la correcta utilización por parte del personal sanitario no radiólogo.

Figura 27. Ecógrafos compactos usados habitualmente para la canalización vascular ecoguiada. El equipo de la izquierda (Sonosite MicroMaxx™) es el ecógrafo que se empleó para la canalización de todos los catéteres insertados en este estudio.



Figura 28. Imágenes ecográficas obtenidas con diferentes modos de exploración.

A: Modo B o 2D en el que se visualiza en longitudinal una vena periférica con un catéter PICC en su interior; **B:** Modo doppler color en el que se visualizan dos vasos sanguíneos con flujo sanguíneo en sentidos opuestos; **C y D:** Modo doppler pulsado en el que se visualizan dos vasos sanguíneos, el primero con flujo pulsátil - arterial - (C) y el segundo con flujo no pulsátil - venoso -; **E y F:** Modo 2D y Modo 2D-color en el que se visualizan dos venas con trombosis relacionada con el PICC.

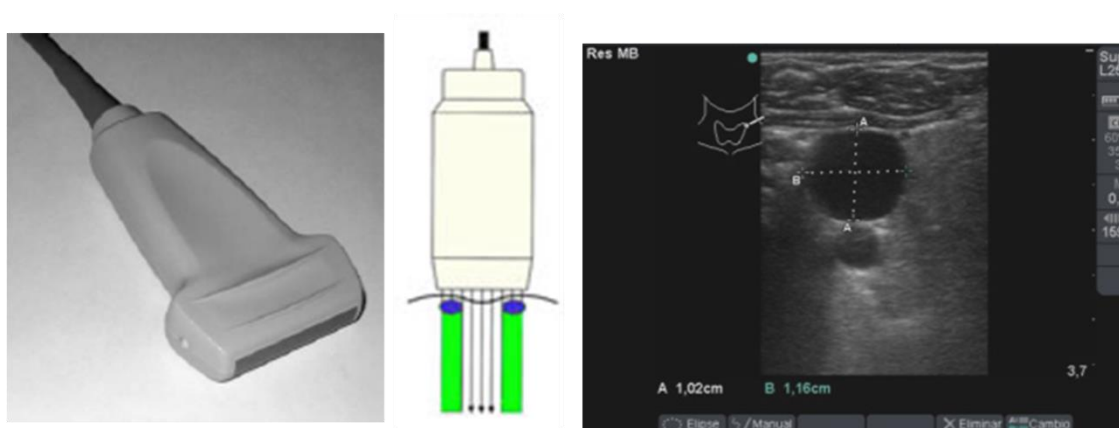
Es recomendable que el ecógrafo que se destine a la canalización vascular sea robusto, ligero, portable (carros con ruedas) y que disponga de batería. Conviene que la botonadura sea simple, y que el encendido y apagado del equipo sean rápidos. Por otro lado, es también importante que pueda ser limpiado con soluciones antisépticas comerciales. En lo que respecta a las características técnicas, debe contar obligadamente con el modo de

exploración B o 2D, y que éste ofrezca imágenes de calidad suficiente. Los modos de exploración doppler dúplex y doppler color, si bien no son obligados, pueden ser de gran ayuda en procedimientos de canalización vascular, ya que facilitan la localización y la correcta identificación de los vasos sanguíneos (Figura 28).

Por último, es también recomendable que el equipo sea capaz de almacenar tanto imágenes estáticas como dinámicas, con el fin de registrar y almacenar los procedimientos que se realicen.

Sin embargo, lo que realmente determina la calidad de la imagen obtenida son, fundamentalmente, la sonda que se utilice y el software con el que se procesa la señal que proviene de ella (Figura 29). En este sentido las sondas más recomendables para la realización de canalización vasculares ecoguiadas son, sin duda, las lineales de alta frecuencia (8-13 MHz). Las sondas de alta frecuencia permiten visualizar sólo estructuras superficiales, pero con alta resolución, a diferencia con la de baja frecuencia, que permiten explorar estructuras más profundas, pero la resolución de la imagen será menor. En este sentido, la mayoría de las sondas comercializadas emiten frecuencias de entre 8 y 10 MHz, suficiente para la canalización de venas relativamente grandes, como las venas centrales de niños mayores y adultos. Para la canalización de venas centrales en niños pequeños y lactantes, o de venas periféricas, son más recomendables las sondas de muy alta frecuencia (10-13 MHz).^[209]

Figura 29. Esquema de la sonda lineal, comúnmente empleada para la realización de la técnica de canalización vascular ecoguiada, y de la imagen ecográfica generada por ella.



Además de la frecuencia, otras dos características importantes de las sondas destinadas a guiar punciones vasculares son, por un lado, el tamaño de la huella, y, por otro, la forma de la sonda. En este sentido, las sondas lineales para canalización pediátrica suelen tener huellas de 2,5 cm, mientras que las de adulto suelen ser de 4 ó 5 cm. Para canalizar las venas de los lactantes, especialmente en la región cervical, donde el espacio puede ser muy reducido, conviene disponer de sondas pediátricas, de huella pequeña. En este sentido, existen sondas de muy alta frecuencia, con forma de palo de hockey, que pueden ser muy ventajosas (Figura 30).

Figura 30. Sondas lineales para canalización vascular ecoguiada, con diferentes tamaños y formas. De izquierda a derecha: sonda tipo Hockey-stick, sonda lineal pediátrica (huella 2,5 cm) y sonda lineal de adulto (huella 5 cm).



2.2. Descripción de la técnica.

Se han descrito dos métodos de canalización ecoguiada.^[210]

En primer lugar, el **método estático**, en el cual la ecografía se emplea antes de realizar la punción vascular, pero no durante la misma. También es conocido como método de eco-asistencia. Este método permite no sólo localizar el vaso objetivo, sino, también, conocer la profundidad a la que se encuentra y su calibre, descartar la presencia de válvulas o trombos en su interior, y confirmar su relación con otras estructuras de interés o de riesgo (como los vasos arteriales, la cúpula pleural o los paquetes nerviosos de los plexos cervical, braquial o femoral). Una vez localizado el vaso se realiza una marca en la piel y se abandona el ecógrafo para, acto seguido, proceder a realizar la punción vascular por método clásico, a ciegas. Con respecto al método basado en referencias anatómicas, este método se asocia a mayor tasa de éxito y a menor tasa de complicaciones, especialmente en pacientes de riesgo.^[208]

Por otro lado, el **método dinámico o en tiempo real**, plantea el uso de la ecografía no sólo para la identificación del vaso objetivo, sino, también, para guiar la progresión de la aguja y de la guía durante el procedimiento de inserción del catéter. También se conoce como método de eco-guiado. Aunque es técnicamente más complejo y requiere, por tanto, un entrenamiento específico del operador, con respecto al método anterior, aumenta significativamente la tasa de éxito y, sobretodo, reduce las complicaciones graves asociadas al procedimiento. Esto es especialmente cierto en las inserciones de catéteres centrales en las venas yugular interna y subclavia. ^[211, 212] En la Tabla 10 se resumen las ventajas e inconvenientes de los principales métodos de canalización ecoguiados.

Tabla 10. Ventajas e inconvenientes de los principales métodos de canalización ecoguiada.

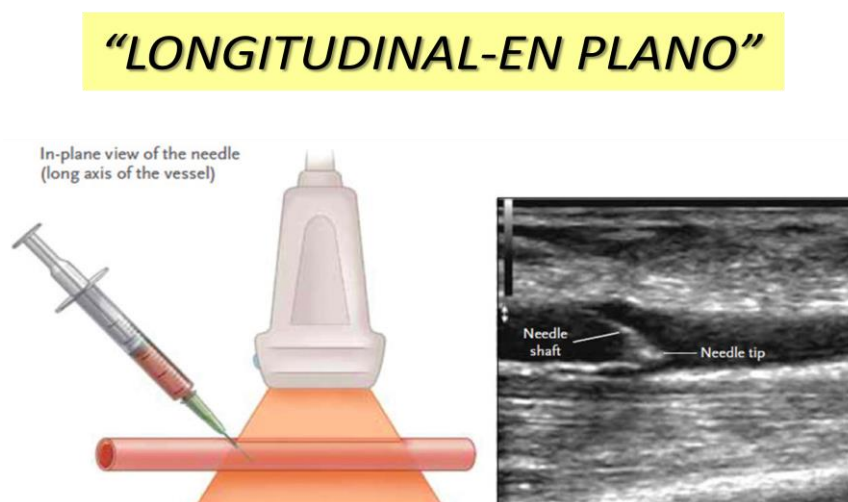
METODO	VENTAJAS	INCOVENIENTES
ESTATICO	Técnica sencilla. La sonda no es necesaria durante la fase estéril del procedimiento.	No hay guía en tiempo real de la trayectoria de la aguja No detecta los cambios dinámicos de la anatomía.
DINÁMICO		
- En plano	Facilita la visión de la punta y la trayectoria de la aguja.	Técnicamente es más difícil.
- Fuera de plano	Ofrece más información regional. Facilita punción en la vertical del vaso y redireccionamientos.	La visualización de la punta de la aguja es más complicada.

A su vez, el método dinámico o de ecoguiado en tiempo real, permite la realización de diferentes técnicas, que se se definen según cuál sea la manera de visualizar el vaso objetivo y la aguja. Así, el vaso podrá visualizarse transversal o longitudinalmente, y la aguja en plano o fuera de plano.

Con la **visualización transversal del vaso** se obtiene una imagen redondeada u ovalada del mismo, y tiene como principales ventajas que técnicamente es sencilla de adquirir, y que permite establecer las relaciones con las estructuras cercanas. Esto puede ser de gran importancia si el vaso elegido tiene cerca estructuras de riesgo como, por ejemplo, la arteria carótida, el plexo braquial o la cúpula pleural en el caso de la vena yugular interna. Sin embargo, el principal inconveniente de la visualización transversal, si se combina con una visión fuera de plano de la aguja, es que dificulta la identificación de la punta de la aguja durante la punción y, por tanto, facilita la punción de la pared posterior del vaso o la punción

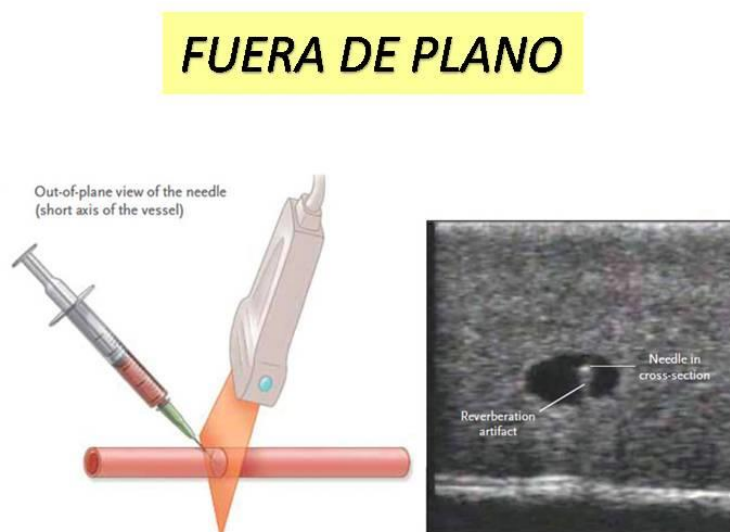
accidental de otras estructuras adyacentes a profundidades de inserción distintas a la visualizada en la pantalla del ecógrafo. Por otro lado, con la **visualización longitudinal del vaso**, se obtiene una imagen tubular del mismo. Aunque es técnicamente más difícil de obtener y se pierde información valiosa con respecto al tipo y localización de otras estructuras de interés adyacentes, su principal ventaja es que, cuando se combina con una visión de la aguja en plano, permite optimizar la progresión de la misma durante la punción, evitando la punción de la pared del vaso y, por tanto, limitando el trauma de la pared y del endotelio del vaso y la creación de una falsa luz al pasar la guía.

Figura 31. Esquema e imagen ecográfica de la canalización vascular ecoguiada con la combinación longitudinal-en plano.



Por otro lado, la **visualización de la aguja fuera de plano** es la que se obtiene cuando ésta se insona transversalmente. De esta forma, la imagen que se obtiene en la pantalla del ecógrafo es la de un punto hiperecogénico. Sin embargo, la **visualización de la aguja en plano** supone insonarla siguiendo su eje mayor. Así, en la pantalla se visualizará todo el cuerpo de la aguja, como una imagen lineal hiperecogénica.

Figura 28. Esquema e imagen ecográfica de la canalización vascular ecoguiada con la combinación transversal-fuera de plano.



Atendiendo a la clasificación anterior, las combinaciones “longitudinal-en plano” y “transversal-fuera de plano” son las dos más empleadas (Figuras 31 y 32). Las guías actuales recomiendan el entrenamiento específico en ambas técnicas. [213, 214]

2.3. Descripción del procedimiento.

Diferentes sociedades científicas han propuesto guías de buena práctica clínica, en las que se especifica la sistemática con la que se deben emplear los ultrasonidos durante el procedimiento de canalización ecoguiada de catéteres PICCs. (Emoli A) (Pittiruti M_ESPEN Guidelines) Estos pasos se detallan a continuación.

- **Exploración ecográfica del capital vascular del paciente**

Con el paciente no sedado, encamado, en decúbito supino y cabecera elevada 30°, se realiza una evaluación ecográfica reglada del capital venoso del paciente. Para ello se debe emplear una sonda lineal de alta frecuencia. La sistemática recomendada para realizar esta exploración es la siguiente (Figura 33):

1º) *Evaluación cervical bilateral*: pretende comprobar permeabilidad y calibre de los grandes vasos venosos centrales (yugular interna, subclavia y troncos braquiocefálicos). Se inicia la exploración en la región mastoidea, descendiendo posteriormente hasta la unión esterno-clavicular (evaluación de vena yugular interna

y tronco braquiocefálico) para, posteriormente, desplazar la sonda al espacio supra y/o infraclavicular (evaluación de vena subclavia).

Figura 33. Evaluación ecográfica inicial del capital venoso central y periférico del paciente.



2º) *Evaluación de los miembros superiores:* pretende evaluar la permeabilidad y calibre de las venas basilíca, cefálica, humeral y axilar, fundamentalmente. En ocasiones excepcionales puede ser necesaria la evaluación de otros vasos como las venas antebraquiales o del dorso de la mano. Se inicia la exploración en la fosa antecubital, tomando como referencia la arteria humeral. Junto a ella se halla la vena humeral (con frecuencia doble), medialmente la vena basilíca y lateralmente la vena cefálica. Posteriormente se evalúa la vena axilar en el tercio proximal del brazo, hueco axilar y espacio delto-pectoral. Se debe realizar una evaluación de cada vena durante todo su recorrido en el brazo. Para que la medición del calibre de los vasos, sea óptima, se coloca la sonda en plano transversal con respecto a la vena de interés, procurando ejercer la mínima presión necesaria sobre la piel del paciente para evitar su deformación/colapso, procediendo a medir el diámetro transversal, sin colocar compresor y, al menos, en tres puntos diferentes (tercio distal, medio y proximal) del brazo.

3º) *Evaluación de los miembros inferiores:* pretende evaluar la permeabilidad y el calibre de las venas safenas mayores, fundamentalmente. En ocasiones excepcionales puede ser necesaria la evaluación de otros vasos como la vena safena menor o las dorsales del pie. Se inicia la exploración a nivel del pliegue inguinal y triángulo de Scarpa, comprobando el calibre y la permeabilidad de la safena mayor y del cayado a nivel de su desembocadura en la vena femoral común. También conviene evaluar el mismo vaso distalmente, en la región pre-maleolar interna.

Una vez terminada la exploración ecográfica del capital venoso del paciente, y siempre teniendo en cuenta su condición clínica basal y sus necesidades terapéuticas, se seleccionará la vena a canalizar y el tamaño del PICC a insertar. En la Tabla 11 se resumen los principales criterios para ayudar a tomar esta decisión. Como norma general, y de cara a reducir las complicaciones trombóticas e infecciosas relacionadas con los PICCs, se elegirá el PICC de menor tamaño y con menos luces, que cubra las necesidades terapéuticas del paciente. Además, se favorecerá la canalización de venas superficiales, alejadas de estructuras de riesgo y con trayectos libres de válvulas o tortuosidades.

Tabla 11. Factores a tener en cuenta a la hora de seleccionar la vena a canalizar y el tamaño del PICC a insertar.

Características de la venas a considerar a la hora de insertar un PICC
<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño. • Profundidad. • Colapsabilidad/permeabilidad • Cercanía a estructuras de riesgo. • Dificultad técnica de la canalización. • Comodidad para el paciente / facilidad en el mantenimiento.

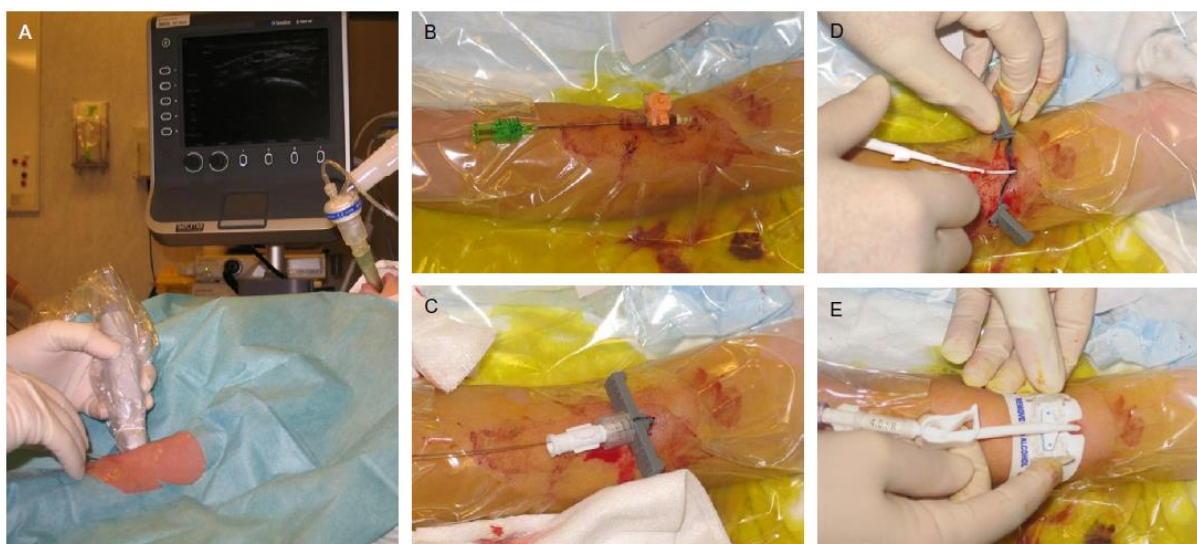
El procedimiento de canalización se realizará de manera reglada, siguiendo los siguientes pasos:

1. Lavado de manos, técnica aséptica y protección de barrera completa del paciente y del operador (gorro, mascarilla, bata y guantes estériles).
2. Medir en superficie la distancia entre el punto de canalización elegido, la escotadura esternal y el segundo espacio intercostal derecho. Posteriormente adecuar la longitud del PICC cortando el segmento sobrante con una hoja de bisturí.
3. Desinfectar la piel con clorhexidina 2%.
4. Cubrir completamente al paciente con paños estériles.
5. Colocar el ecógrafo delante del operador, de tal manera que sus ojos y sus manos estén alineados con la pantalla del ecógrafo.
6. Cubrir sonda y cable de conexión al ecógrafo con camisas estériles específicas.
7. Ajustar un compresor en la raíz de la extremidad elegida.
8. Canalizar la vena previamente seleccionada con guía ecográfica (preferiblemente en tiempo real).
9. Coprobar ecográficamente la adecuada progresión de la guía y el catéter.

10. Considerar la posibilidad de realizar guiado del posicionamiento final de la punta del catéter con control ecográfico (niños pequeños) y/o electrocardiográfico.
11. Fijar el catéter a piel: suturado en niños pequeños y/o no colaboradores; sin sutura con dispositivos adhesivos, en niños mayores y colaboradores.

Durante el procedimiento de ecoguiado se recomienda coger la sonda del ecógrafo con la mano no dominante, y la aguja de punción con la dominante. Habitualmente se localiza el vaso y se inicia la punción con el método de visualización transversal-fuera de plano, procurando optimizar la alineación en la vertical de la aguja y el vaso. La punción final se puede realizar con el mismo método o combinando el anterior, con un longitudinal-en plano (Figura 34).

Figura 34. Procedimiento de canalización ecoguiada de catéteres PICC.



A: Punción ecoguiada del vaso seleccionado; B: Progresión de la guía metálica a través de la aguja; C: Inserción de la cánula de introducción sobre la guía; D: Inserción del PICC a través de la cánula y retirada de la misma rasgándola; E: Fijación a piel del catéter.

Con la ayuda del ecógrafo, y antes de dar por finalizado el procedimiento, es recomendable detectar e intentar resolver las siguientes complicaciones potenciales:

1. *Malposición de la punta del catéter:* Cuando se canaliza un PICC en los miembros superiores se debe monitorizar su avance ecográficamente, descartando que en su progresión no discurra por el interior de la vena yugular interna hacia la cabeza del paciente, sino que se dirija por el tronco braquiocefálico hacia su corazón. Para ello se visualizará ambas venas yugulares (tanto la ipsilateral como la contralateral) e,

incluso, la vena subclavia contralateral. En lactantes y niños pequeños podría incluso verificar la adecuada colocación de la punta del catéter a nivel de la unión cava superior-aurícula derecha (plano subxifoideo eje largo en línea media - eje de cavas - o plano paraesternal derecho).

2. *Hemotórax/neumotórax*: Cuando se canalice un PICC desde las venas yugulares externas, y aunque sea una complicación excepcional, conviene descartar la presencia de hemo-neumotórax.
3. *Derrame pericárdico*: Cuando durante o tras la inserción del PICC el paciente presente signos de inestabilidad hemodinámica.

En todos aquellos casos en los que no se haya podido confirmar la posición del catéter, ni se hayan excluido las complicaciones arriba mencionadas con la ayuda del ecógrafo, se deberá realizar un control radiológico (Rx tórax o tórax-abdomen).

2.4. Entrenamiento en la técnica de canalización ecoguiada.

Como ocurre con cualquier otro procedimiento, la canalización vascular ecoguiada es una técnica que requiere un entrenamiento específico del personal que encargado de su realización. No obstante, actualmente la formación específica en este procedimiento no forma parte de los programas de formación médicos (anestelistas, radiólogos o intensivistas) o de enfermería. Tampoco se han definido los estándares de formación ni los requisitos mínimos para asegurar la capacitación del personal sanitario. En este sentido, algunas sociedades científicas, como la British Medical Ultrasound Society o el Royal College of Radiologists han intentado establecer diferentes niveles de competencia en el uso de la ecografía por personal no-radiólogo.^[215] En este sentido, sugieren la realización de, al menos, 25 procedimientos de canalización ecoguiada en adultos para obtener la acreditación. En niños no existen recomendaciones en este sentido.^[216]

En el año 2013, en el World Congress of Vascular Access (WoCoVA) una revisión basada en la evidencia realizada por un panel de expertos internacionales, consensuó unas recomendaciones para la correcta formación en la inserción de accesos vasculares centrales.^[217] Resumidamente, proponían que los cursos de formación debían contar con un módulo teórico y otro práctico. En el módulo teórico se debían tratar los aspectos físicos básicos sobre los ultrasonidos, el manejo básico del ecógrafo, los aspectos prácticos sobre la optimización de la imagen ecográfica y sobre las diferentes técnicas de inserción de catéteres (por referencias anatómicas y ecoguiadas), así como conceptos esenciales sobre la anatomía topográfica y la fisiología vascular, identificación de estructuras anatómicas por ultrasonidos (sonoanatomía), y conocimiento, selección y cuidado de los diferentes tipos de

PICCs disponibles en el mercado. Por otro lado, el módulo práctico debe contemplar el entrenamiento del alumno sobre simuladores de canalización, en primer lugar, y, posteriormente, sobre paciente reales, siempre bajo la supervisión del profesor experto. Actualmente existen en el mercado multitud de simuladores para el entrenamiento del procedimiento de canalización vascular ecoguiada, así como unos pocos que, específicamente, también permiten entrenar el procedimiento de inserción ecoguiada de PICCs (Figura 35).

Se ha demostrado que la creación de equipos específicos de personal sanitario especialmente entrenado en la canalización vascular ecoguiada, y específicamente dedicado al manejo y cuidado posterior del acceso vascular (Vascular Access Teams; PICC Teams), es una de las estrategias más recomendables, especialmente en centros sanitarios con elevado número de canalizaciones vasculares por año, ya que no sólo aumenta significativamente la satisfacción y seguridad del paciente, sino que optimiza el coste-eficiencia de la técnica.^[218-221]

Figura 35. Simulador Peter PICC™ para el entrenamiento específico de la técnica de canalización ecoguiada de PICCs.



HIPOTESIS



HIPOTESIS

Las hipótesis que la presente tesis pretende investigar son las siguientes:

- 1. Los catéteres centrales de inserción periférica (PICCs) son eficaces en niños.**
 - a. Permiten tratamientos de larga duración.
- 2. Los PICCs son seguros en niños.**
 - a. Las complicaciones graves o amenazantes para la vida son infrecuentes.
- 3. El empleo de los ultrasonidos es útil en la inserción de los PICCs en niños:**
 - a. La probabilidad de éxito en la canalización es alta.
 - b. La probabilidad de complicaciones es baja.
 - c. Permite la selección de la vena y el catéter más adecuados.
 - d. Optimiza el proceso de inserción.
- 4. El empleo de los ultrasonidos es útil en el seguimiento de los PICCs en niños:**
 - a. Permiten detectar complicaciones trombóticas.
- 5. El empleo de ultrasonidos en la inserción de los PICCs requiere entrenamiento específico.**

OBJETIVOS

OBJETIVOS

Este estudio prospectivo, observacional, en el que se estudió una cohorte formada por todos los pacientes a los que se les implantó un PICC en la UCI Pediátrica del Hospital Universitario La Paz, entre enero del 2012 y enero del 2015, se diseñó con los siguientes objetivos:

1. Estudiar la eficacia de los PICCs en niños.

Para ello se pretende estudiar el tiempo de permanencia del catéter y los motivos de retirada del mismo (finalización del tratamiento Vs aparición de complicaciones).

2. Estudiar la seguridad de los PICCs en niños.

Para ello se pretende analizar la incidencia de complicaciones infecciosas, trombóticas y mecánicas en niños con PICCs, así como determinar los factores de riesgo que se relacionan con su desarrollo.

3. Estudiar la utilidad de la técnica de inserción ecoguiada de los PICCs en niños.

Para ello se pretende estudiar la tasa de éxito y de complicaciones en la canalización de esta técnica, así como identificar aquellas características del procedimiento que se relacionen con la aparición de complicaciones.

4. Estudiar la utilidad de los ultrasonidos en el seguimiento de los PICCs en niños.

Para ello se pretende estudiar la tasa de trombosis venosa asintomática en niños con PICCs.

5. Estudiar si existen diferencias en la inserción de PICCs con uno o dos operadores.

Para ello se pretende estudiar la tasa de éxito global y en primera punción, los tiempos de canalización y procedimiento, y las tasas de complicaciones durante la permanencia del PICC.

PACIENTES Y MÉTODOS

PACIENTES Y METODOS

I. LUGAR EN EL QUE SE REALIZÓ EL ESTUDIO.

Este estudio se llevó a cabo en el Hospital Universitario La Paz (HULP) (Madrid, España) entre enero del 2012 y enero del 2015. Este centro dispone de 285 camas para hospitalización pediátrica, y es el primer Centro de Referencia Nacional para todo tipo de trasplantes infantiles, así como para multitud de enfermedades pediátricas complejas y crónicas.

Todos los PICCs estudiados fueron insertados por personal de plantilla del Servicio de Cuidados Intensivos Pediátricos (CIP) del HULP. Este Servicio dispone de 16 camas para el ingreso de niños graves con patología médica y quirúrgica, aceptando pacientes con edades comprendidas entre un mes y 18 años. En él se atienden una media de 800 ingresos anuales.

II. APROBACIÓN DEL PROTOCOLO DEL ESTUDIO POR EL CEIC.

El protocolo del estudio fue presentado y aprobado por el Comité de Ética e Investigación Clínica (CEIC) del HULP, con número de expediente #11-120-170 (ver documento adjunto en la sección de anexos). Los padres o tutores legales de los niños que participaron en el estudio firmaron el consentimiento informado por escrito.

III. DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO DE ESTUDIO.

1. Diseño del estudio. Criterios de inclusión y exclusión.

Se diseñó un estudio de cohortes, observacional y prospectivo.

Se incluyeron en el estudio todos los niños a los que, durante el periodo de estudio, se les canalizó un PICC en la extremidad superior con técnica ecoguiada, y en los que se pudo realizar un seguimiento sistemático completo, mediante exploraciones clínicas y ecográficas semanales, hasta la retirada del catéter.

Se excluyeron del estudio los pacientes que recibieron la inserción de un PICC por técnica no eco-guiada, y los que no pudieron ser seguidos de manera sistemática.

2. Fases del estudio.

Desde el punto de vista cronológico y explicativo, los pacientes del estudio fueron evaluados las siguientes fases (Figura 36):

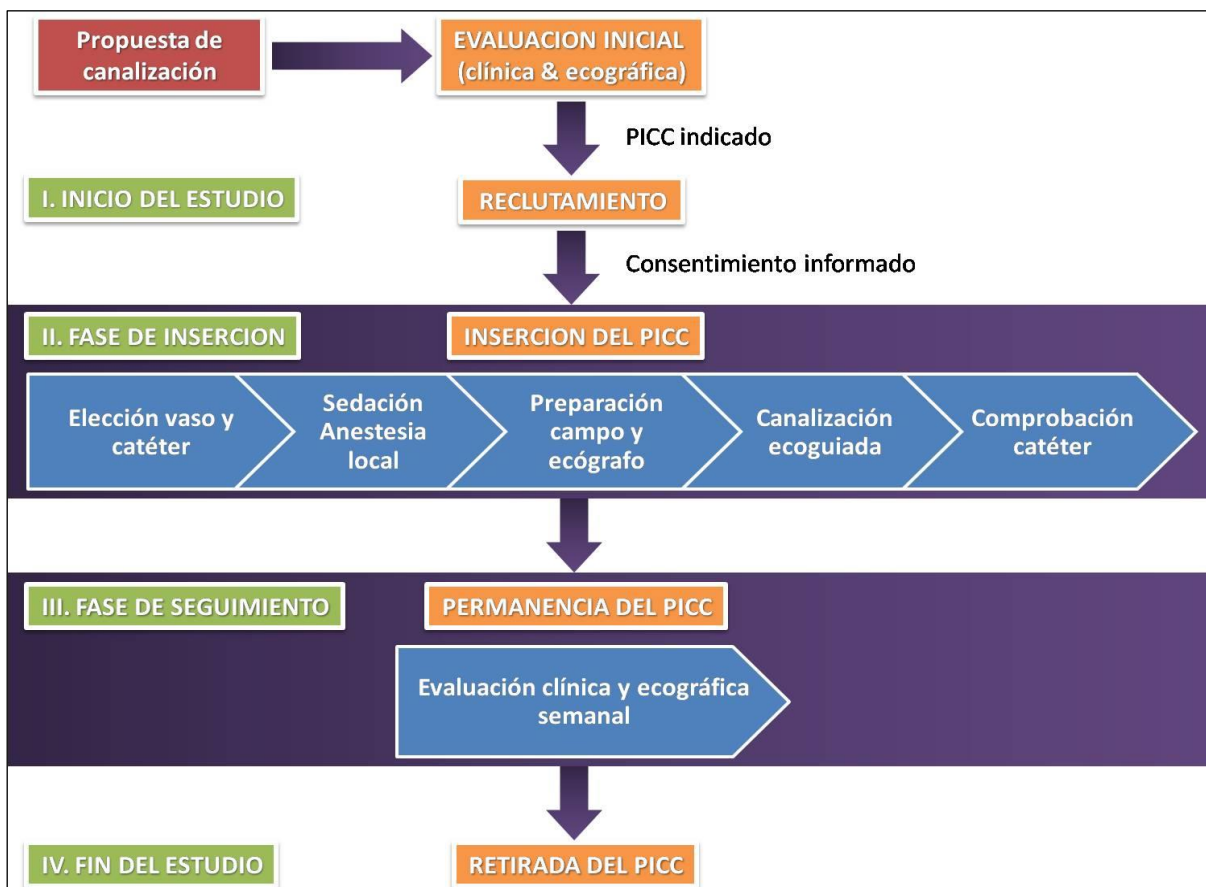
2.1 Fase de evaluación inicial del paciente: realizada por el investigador principal o los investigadores colaboradores médicos.

2.2 Fase de reclutamiento: realizada por el investigador principal o los investigadores colaboradores médicos.

2.3 Fase de inserción del PICC: realizada siempre por el personal sanitario (médicos/enfermeras) del CIP-HULP.

2.4 Fase de seguimiento del PICC: realizada siempre por el investigador principal (JJM).

Figura 36. Esquema de las diferentes fases del estudio.



2.1. Fase de evaluación inicial del paciente.

El médico (investigador principal o colaborador) responsable del paciente durante el ingreso en el CIP-HULP, fue el encargado de evaluar individualmente cada caso, y de establecer la indicación o la contraindicación de la canalización del PICC. Esta evaluación individual incluyó, por un lado, el estudio de las características clínicas y de las necesidades de tratamiento específicas de cada paciente y, por otro, la realización de una evaluación ecográfica inicial, para estudiar su capital venoso central y periférico.

Tabla 12. Indicaciones y contraindicaciones establecidas por el protocolo de estudio para la inserción de un catéter PICC.

Indicaciones	Contraindicaciones
<p>“El PICC estará indicado si se reúne al menos un criterio clínico y el criterio ecográfico”.</p> <p>1. Criterios clínicos (al menos uno):</p> <p>a. Necesidad terapéutica</p> <p>Por la duración del tratamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamientos iv durante > 7-10 días. <p>Por el tipo de fármaco a administrar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fármacos irritantes/vesicantes (quimioterápicos o catecolaminas), hiperosmolares (>500 mOsm/L) o con elevada acidez (pH <5) ó alcalinidad (pH >9) (Nutrición parenteral), independientemente. <p>b. Necesidad diagnóstica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Extracciones de sangre frecuentes. - Monitorización PVC. <p>2. Criterio ecográfico (las dos):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vena periférica permeable en extremidad superior, por encima de la fosa antecubital. - Ausencia de obstrucción parcial o total a lo largo de su recorrido por el brazo o en las venas profundas de las que es tributaria. 	<p>“El PICC se contraindicará si existe alguna contraindicación absoluta o dos o más relativas”</p> <p>1. Absolutas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ausencia de venas adecuadas para la inserción del PICC. - Infección activa o quemadura en el área de punción. - Consentimiento informado denegado. - Dos o más contraindicaciones relativas. <p>2. Relativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Duración estimada del tratamiento <7 días. - Riesgo anestésico elevado (inestabilidad respiratoria o circulatoria graves). - Riesgo hemorrágico elevado (plaquetas < 20.000/mcL; actividad de protrombina < 20%).

En la evaluación de las características clínicas del paciente, se prestó especial atención a la enfermedad o condición clínica de base, y al tipo y la duración estimada del tratamiento

intravenoso a administrar. Las indicaciones y las contraindicaciones establecidas por el protocolo para la inserción del PICC se recogen en la Tabla 12.

Para la evaluación ecográfica del capital venoso de los pacientes, se empleó un ecógrafo compacto y portátil (Sonosite® MicroMaxx™), equipado con una sonda lineal de muy alta frecuencia (Sonosite® eL25™; 6-13 MHz) y software específico de evaluación vascular (Figura 37). Todas las exploraciones se realizaron a pie de cama, por personal médico, estando el paciente tumbado en decúbito supino, con el cabecero de la cama a 0 grados, y sin aplicar torniquetes.

Durante la exploración ecográfica inicial, se evaluaron el calibre, la permeabilidad y las características anatómicas (recorrido, relaciones con otras estructuras vasculares o nerviosas) de las siguientes venas, de manera bilateral: vena basílica, cefálica, humeral, axilar, subclavia, yugular y tronco braquiocefálico.

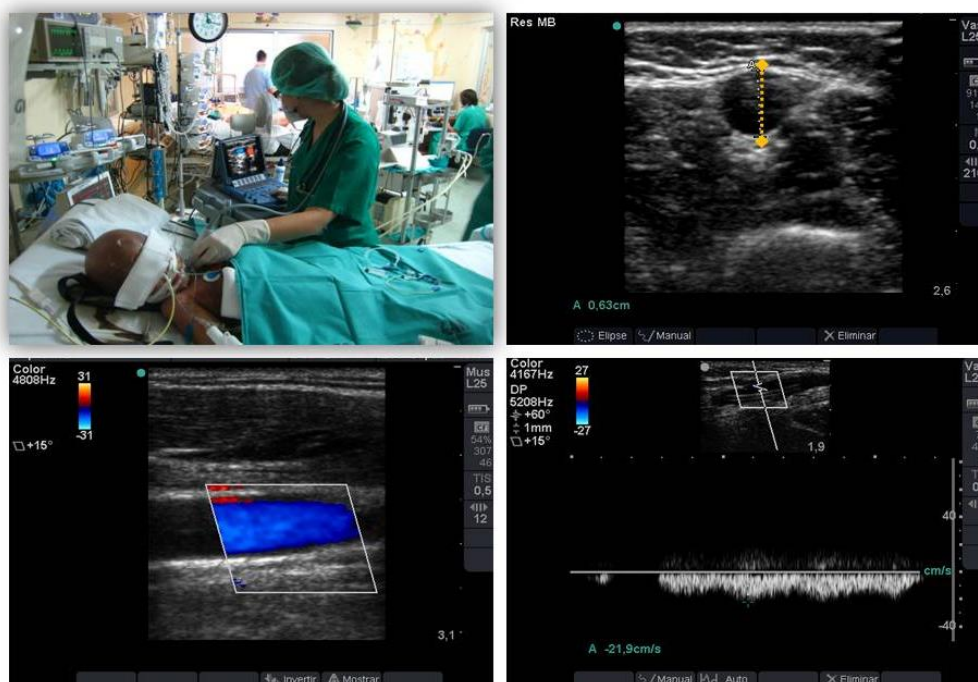
Figura 37. Ecógrafo Sonosite® MicroMaxx™ y sonda lineal de alta frecuencia (L25e) empleadas en el estudio.



El calibre del vaso se estableció en función del diámetro antero-posterior, sin estar el compresor colocado, y teniendo especial cuidado en no ejercer presión con la sonda sobre la piel, para no producir el colapso del mismo, ni en hacer la medida en regiones estenóticas o con válvulas. En las venas periféricas, se estableció su calibre a nivel proximal, medio y distal en la extremidad.

La permeabilidad de los vasos se estableció en base a la presencia de colapso completo de su luz tras compresión con la sonda usando el modo 2D de exploración, y/o a la presencia de color en su interior usando el modo doppler-color (Figura 38).

Figura 38. Evaluación ecográfica inicial del capital venoso central y periférico del paciente.



De izquierda a derecha y de arriba a abajo: exploración a pie de cama; medición del diámetro anteroposterior; doppler color demostrando presencia de flujo sanguíneo; doppler pulsado demostrando presencia de flujo sanguíneo.

Los criterios ecográficos para establecer la indicación del PICC según el protocolo del estudio fueron: presencia de al menos una vena periférica de las extremidades superiores, permeable por encima de la fosa antecubital y ausencia de obstrucción parcial o total a lo largo de su recorrido por el brazo o en sistema venoso profundo del que es tributaria.

2.2. Fase de reclutamiento del paciente.

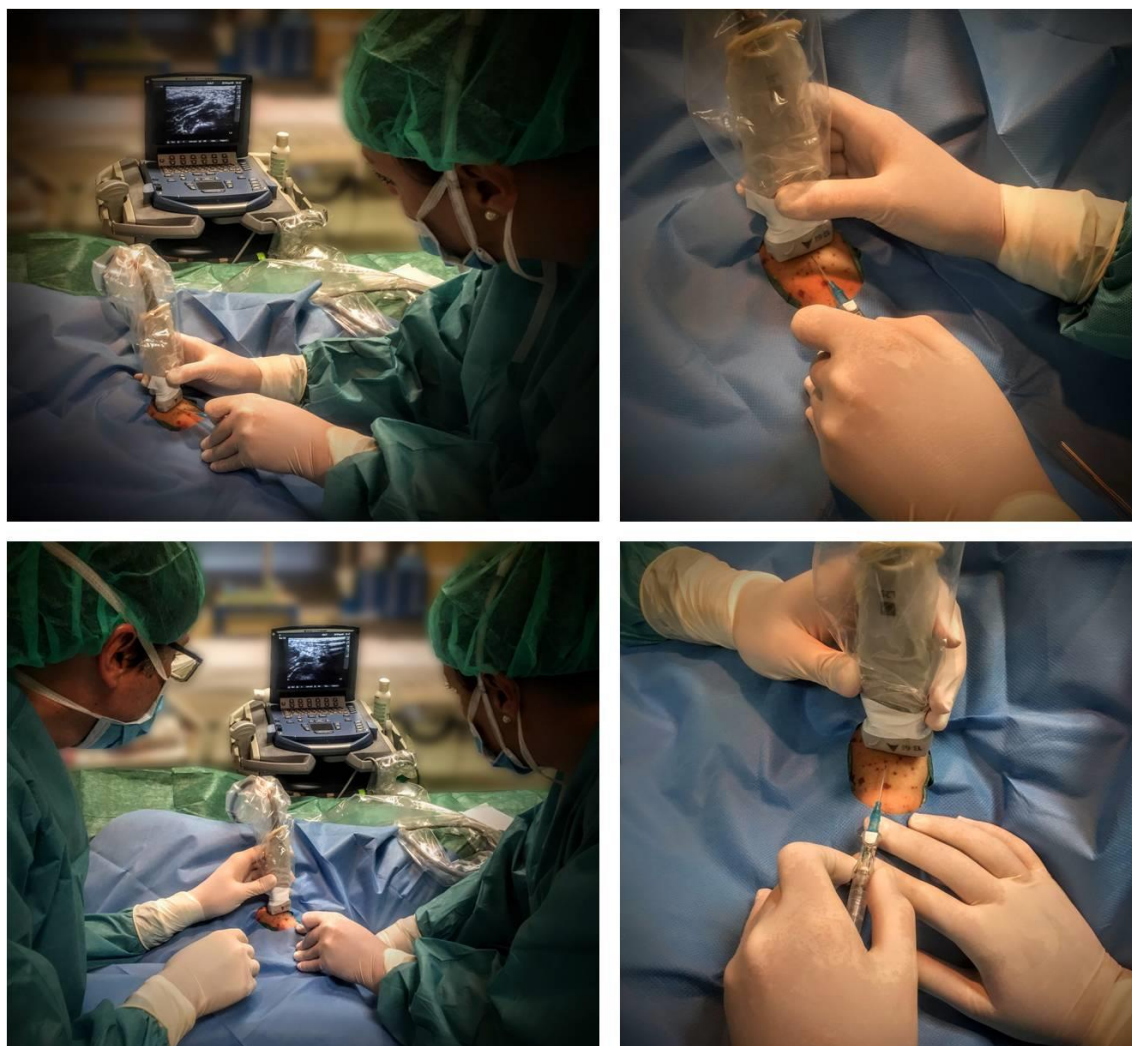
Tras establecer la indicación para la inserción del PICC, se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los padres o tutores legales del niño para la participación en el estudio. (Ver Consentimiento Informado en Anexos)

2.3. Fase de inserción del PICC.

Todos los PICCs estudiados se insertaron por el personal sanitario del CIP-HULP.

Los médicos involucrados en la colocación de PICCs fueron cinco, y todos formaban parte de la plantilla del Servicio. Todos ellos contaban con amplia experiencia en procedimientos de canalización vascular ecoguiada, dado que, desde el año 2008, empleaban con rutina esta técnica para la inserción de catéteres venosos centrales y arteriales.

Figura 39. Inserción ecoguiada de un PICC realizada por uno (fila superior) y por dos (fila inferior) operadores, detallándose la posición de las manos en ambos procedimientos.



Por otro lado, el personal de enfermería de CIP que participó en la inserción de los PICCs, no contaba con entrenamiento específico previo en el uso de la ecografía, ni en la inserción

de catéteres PICCs, ya que, hasta el inicio de este estudio, los PICCs no se implantaban en el CIP-HULP.

Cuando la técnica se realizó por dos operadores, la enfermera implicada en la ejecución del procedimiento fue la que, en ese momento, era la responsable de la atención del paciente. Por tanto, durante el periodo de estudio, no se designó un grupo concreto de enfermeras encargadas de la canalización de PICCs, sino que, potencialmente, toda la plantilla de enfermería de CIP-HULP (56 enfermeras) pudo participar.

Cuando el procedimiento de inserción fue realizado por un solo operador, éste fue siempre un médico. Para la ejecución del procedimiento, habitualmente se empleó la mano no dominante para coger la sonda del ecógrafo, y la mano dominante para coger la aguja de punción. Sin embargo, cuando el procedimiento fue realizado por dos operadores, el médico fue siempre el encargado de utilizar el ecógrafo y de realizar el proceso de ecoguiado, mientras que la enfermera fue siempre la encargada de manejar la aguja de punción, y de realizar el procedimiento de inserción propiamente dicho (Figura 39).

La decisión de cuándo realizar el procedimiento de inserción por uno o por dos operadores la tomó, finalmente, el médico responsable del paciente. Por tanto, no existió aleatorización en este punto, por parte del protocolo del estudio. Sin embargo, buscando salvaguardar la seguridad del paciente, el protocolo de estudio sí recomendó la ejecución de la inserción por un solo operador (médico), en aquellos pacientes con mayor complejidad técnica o con mayor riesgo potencial de sufrir complicaciones durante el procedimiento: pacientes en los que el diámetro de la vena a canalizar era menor de 3 mm o con escaso capital venoso central, pacientes en situación de inestabilidad respiratoria o hemodinámica y pacientes con riesgo elevado de sangrado.

La fase de inserción del PICC contempló los siguientes pasos (Ver documento específico en Anexo):

- *Selección de la vena y el catéter más adecuados:* la vena de primera elección fue la basílica, seguida por la humeral y, como última opción, la cefálica. Si las venas basílicas de ambos brazos estaban permeables, se recomendó la canalización de aquella con mayor calibre. No se estableció prioridad por el lado en que realizar la punción, quedando relegada esta decisión al criterio del operador, debiéndose tener en cuenta las características anatómicas y las preferencias del paciente para tomar esta decisión.

Un aspecto importante es que el protocolo del estudio estableció que para elegir el calibre del PICC a insertar, debía considerarse el calibre de la vena elegida. De esta manera, y en base a lo recomendado previamente por guías internacionales de acceso vascular, ^[54, 94] el

protocolo persiguió no ocupar con el catéter más de la mitad de la sección de la vena (i.e., proporción catéter/vena <0,5). Los calibres de los PICCs recomendados por el protocolo del estudio en función del calibre de la vena a canalizar se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Calibre de los PICCs recomendados por el protocolo de estudio en función del calibre de la vena a canalizar.

Calibre vena (mm)	Máximo calibre PICC recomendado (French)	Ratio catéter/vena conseguido
2,5-3,5	3	0,4-0,28
3,5-4,5	4	0,38-0,30
>4,5	5	< 0,36

Con respecto al número de luces del PICC, se estableció por protocolo seleccionar el mínimo número necesario para satisfacer las necesidades del paciente.

Con respecto al tipo de PICCs, se emplearon tanto PICCs estándar como PICCs de alto flujo. Los modelos y sus características se resumen en la Tabla 14.

Tabla 14. Modelos, calibres, número de luces y longitudes de los PICCs empleados en el estudio.

Tipo	Modelo	Calibre (Fr)	Nº de luces	Longitud (cm)
Estándar	Vygon Multicath2®	3	2	20
	Vygon Lifecath PICC (PUR)®	3	1	60
		4	1	60
	Arrow®	4	2	30
		5,5	2	30
Alto flujo	Cook Turbo-Ject Power-Injectable PICC®	3	1	40
		4	1	60
		4	2	60

Se recomendó la inserción de PICCs de alto flujo en pacientes oncológicos o ingresados en CIP en situación crítica.

- *Sedación durante el procedimiento:* el protocolo recomendó el empleo de anestesia general en pacientes con edades inferiores a 10 años o en pacientes no colaboradores, bien mediante la administración de sedantes y analgésicos intravenosos (midazolam, ketamina, fentanilo o propofol) si el paciente disponía de un acceso venoso al ingreso en CIP, o bien mediante la administración de anestésicos inhalados (sevoflurano) en caso contrario. Para el resto de niños, se recomendó el empleo de anestésicos locales (lidocaína 1%).

• *Preparación del campo y del ecógrafo:* siguiendo las recomendaciones establecidas por el “bundle” del protocolo de bacteriemia cero para la inserción de catéteres venosos centrales, el protocolo del estudio estableció la realización de un lavado de manos metódico, con jabón y solución hidroalcohólica, el empleo de métodos de máxima barrera y de técnica de inserción aséptica. Los métodos de máxima barrera contemplados fueron, por un lado, el empleo de gorro, mascarilla, bata estéril y guantes estériles, por parte del operador principal y los ayudantes que participen directamente en el procedimiento, y, por otro, gorro y mascarilla por los auxiliares que no participen directamente en él. Además, el paciente se cubrió completamente con sábanas estériles, quedando expuesta únicamente el área de interés de la extremidad a canalizar, con la ayuda de un paño perforado. En lo que respecta al equipo de ecografía, la sonda y el cable, por completo, se cubrieron con fundas estériles específicas. Además, durante todo el procedimiento se empleó gel estéril (Figura 40).

Figura 40. Preparación para la realización del procedimiento de inserción ecoguiada del PICC, con medidas de máxima barrera y técnica aséptica.



El paciente se colocó en decúbito supino, con el cabecero de la cama a 0°, y con la extremidad a canalizar en abducido 90° con respecto al tronco. Tras la administración de la

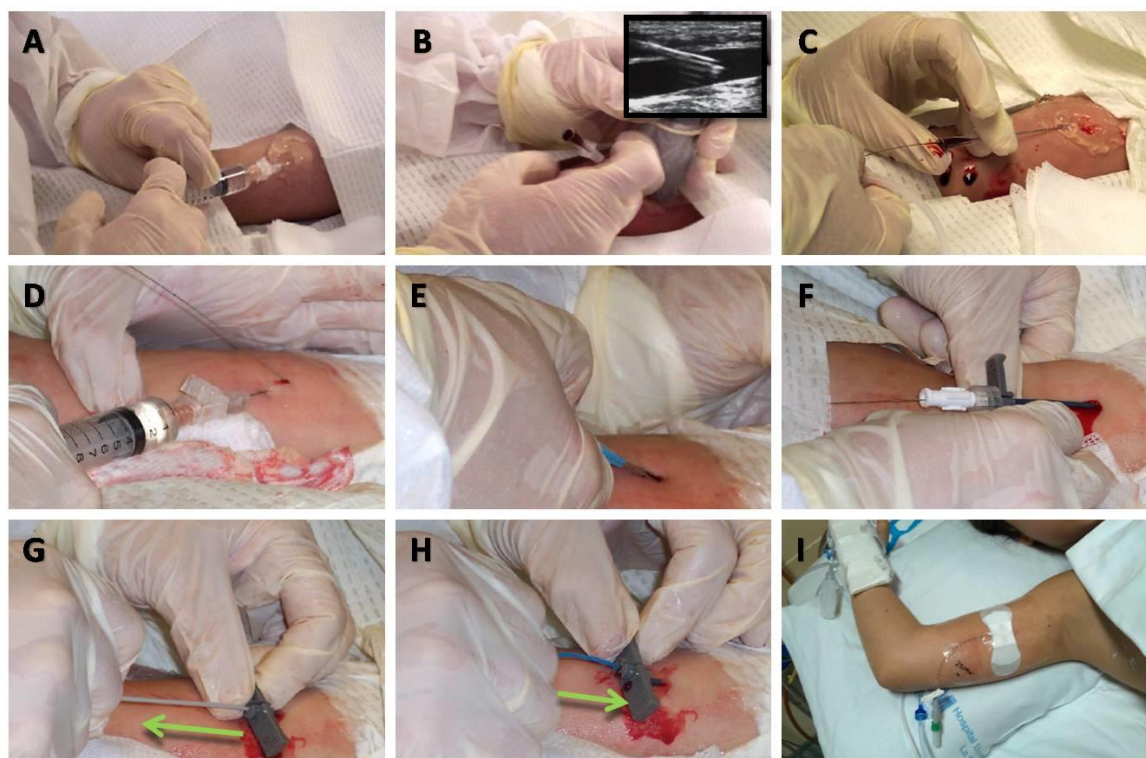
anestesia elegida, se limpió la piel de la extremidad con gasas estériles y solución de clorhexidina al 2%. Posteriormente el paciente se cubrió completamente con sábanas estériles, dejando la región del brazo a canalizar expuesta con la ayuda de un paño estéril perforado accesorio.

- *Inserción ecoguiada del PICC:* Todos los PICCs fueron insertados en el brazo, proximalmente a la fosa antecubital, siendo la región media del brazo la primera opción. La longitud del PICC se determinó midiendo la distancia entre el punto de inserción, la escotadura esternal y el segundo espacio intercostal derecho, cortándose para cubrir esta medida antes de iniciar la inserción.

Para la canalización del vaso se utilizó el guiado ecográfico en tiempo real, y para la inserción del PICC la técnica de Seldinger modificada con cánula introductora pelable, empleándose guías metálicas de acero con punta recta, de entre 0,016 y 0,018 pulgadas de calibre (Figura 41). Durante el procedimiento de inserción también se empleó la ecografía para monitorizar en tiempo real la progresión de la punta del PICC y para favorecer su correcto posicionamiento final. No se emplearon con rutina sistemas de posicionamiento basados en guía electrocardiográfica.

Tras finalizar la inserción del PICC, éste se fijó a piel con dispositivos específicos de fijación sin sutura, excepto en lactantes, en los que sí se empleó la fijación con sutura por protocolo. El sitio de inserción fue cubierto con apósitos transparentes.

- *Comprobación de la posición de la punta del catéter:* Al finalizar el procedimiento se realizó una exploración ecográfica del tórax, para descartar la presencia de tres complicaciones relacionadas con la inserción del PICC: derrame pericárdico, derrame pleural/hemotórax y neumotórax. Además, se realizó una radiografía de tórax para confirmar la posición final de la punta del PICC. Se consideró que el posicionamiento de la punta del PICC fue óptima cuando ésta se localizó a nivel de la unión VCS-AD o en el tercio distal de la cava, subóptima cuando lo hizo en otra posición dentro de la VCI y en el interior de la AD, y malposicionado si quedó localizada en cualquier otra localización. Siempre que fue posible, los catéteres malposicionados fueron reposicionados. Una vez insertado, no se estableció ningún límite a la duración de la permanencia del PICC, quedando a criterio del médico responsable.

Figura 41. Procedimiento de inserción ecoguiada del PICC.

A: Instilación de lidocaína local (1%) en el sitio de punción; B: Canalización ecoguiada de la vena seleccionada (en plano o fuera de plano); C: Plegamiento de la guía a través de la aguja; D: Nueva instilación de lidocaína local (opcional); E: Incisión de la piel con bisturí; F: Inserción de la cánula introductora montada sobre el dilatador; G: Retirada del dilatador y la guía; H: Inserción del PICC; I: Fijación a piel (dispositivo adhesivo o sutura) y cobertura con apósito transparente.

2.4. Fase de seguimiento del PICC.

Tras la inserción del PICC y hasta su retirada, todos los sujetos del estudio fueron evaluados semanalmente, siempre por el investigador principal (JJM). De esta manera, el periodo de seguimiento de cada paciente coincidió con el tiempo de permanencia de su catéter.

En pacientes hospitalizados, la evaluación se realizó a pie de cama del paciente, en la habitación donde estuviera ingresado (Figura 42). En pacientes dados de alta, en régimen ambulatorio, la evaluación fue al menos una vez al mes, haciéndose coincidir con sus visitas al hospital (Figura 43).

La evaluación consistió, por un lado, en una inspección general del paciente y de la extremidad canalizada, investigando signos de infección, trombosis o salida accidental del catéter. Por otro lado, también se realizó una exploración ecográfica de las venas por las que discurría el PICC, en busca de signos de trombosis venosa, empleándose para ello el mismo ecógrafo utilizado para la inserción. Y, por último, se revisó la gráfica de enfermería,

recogiéndose los eventos de malfunción del PICC, el número de dosis de urokinasa administradas, y el resultado de su administración.

Figura 42. Seguimiento del PICC en un paciente hospitalizado.



Figura 43. Seguimiento del PICC en un paciente en régimen ambulatorio.



El día de la retirada del PICC también se realizó una exploración ecográfica completa antes y después de la extracción del catéter, investigando la permeabilidad de la vena superficial canalizada y de las venas profundas de las que era tributaria.

3. Plan de cuidados y mantenimiento del PICC.

En la historia clínica de todos los pacientes incluidos en el estudio se adjuntó un documento escrito con el plan de mantenimiento del PICC (Ver documento específico en Anexo). En él se sistematizaron los cuidados del catéter y las actuaciones a llevar a cabo ante la aparición de complicaciones. Este mismo documento también fue elaborado, en lenguaje sencillo y asequible, para los familiares de los niños que se dieron de alta a domicilio portando el PICC (Ver documento específico en Anexo). En estos casos, personal de enfermería específico se encargó de que, antes del alta del niño, los familiares recibieran formación en el cuidado del PICC, suministrándoles todo el material que fuera necesario (guantes, gasas, soluciones antisépticas, apósitos, jeringas, suero, etc).

En el plan de cuidados y mantenimiento del PICC se contemplaron las siguientes medidas (Ver documento específico en Anexo):

- *Curas del PICC:* la primera cura del punto de inserción se realizó con apósitos adhesivos de gasa. Posteriormente se emplearon apósitos adhesivos transparentes, que se recambiaron semanalmente hasta la retirada del PICC. Coincidiendo con cada cambio de apósito, se revisó el punto de inserción y se desinfectó con clorhexidina al 1-2%. También se comprobó la estabilidad del dispositivo de fijación a piel.
- *Manipulación del PICC:* la manipulación del PICC se realizó siempre tras haber asegurado la correcta higiene de manos y el empleo de guantes por parte del operador. También se administró clorhexidina alcohólica al 2% en los conectores antes de su manipulación. Los conectores proximales del PICC se protegieron con tapones de bioseguridad valvulados, que se recambiaron cada 5-7 días. Los sistemas de infusión de medicaciones en perfusión continua se recambiaron cada 96 horas. Las soluciones de nutrición parenteral se administraron siempre por la misma luz, en catéteres multilumen.
- *Prevención de la oclusión:* cuando el PICC o alguna de sus luces no estuvo en uso, se administró heparina (20 U/mL) como solución sellante con técnica de presión positiva. El sellado con heparina se renovó cada 48 horas. La asociación de antibióticos en la solución de sellado no se contempló en el protocolo del estudio. El volumen de solución de sellado a infundir fue 1 mL en los PICCs de 3 Fr, 2 mL en los de 4 Fr y 3 mL en los de 5 Fr. En las luces selladas (no en uso) se comprobó la permeabilidad del PICC mediante la aspiración de sangre cada 48 horas, coincidiendo con la renovación del sellado. Tras cada administración de una medicación o tras la extracción de muestras

de sangre, la luz del PICC se lavó con 2-5 mL de suero salino fisiológico con la técnica “push&stop”.

El protocolo de mantenimiento del PICC también contempló la actuación ante la aparición de las complicaciones más frecuentemente relacionadas con el uso de PICCs.

En este sentido, cuando se detectó una obstrucción del catéter, el protocolo de estudio estableció la puesta en marcha de las siguientes actuaciones:

- *Obstrucción parcial (permite la infusión pero no el reflujo de sangre):* se empleó un sellado con urokinasa (5000 U/mL), en cantidad proporcional al tamaño y longitud del catéter (Aprox. 0.5 mL en catéter de 2 Fr o 20 G; 1 mL en catéter 3 Fr; 2 mL en catéter 4 Fr; 3 mL en catéter 5 Fr), comprobándose su eficacia a los 60 minutos. Si no se consiguió la desobstrucción, se repitió la administración de urokinasa al doble de concentración (10.000 U/mL).

- *Obstrucción completa (no son posibles ni la infusión ni el reflujo):* administrar urokinasa (5000 U/mL) con la técnica de presión negativa (ver Anexo).

Cuando se detectó una trombosis relacionada con el PICC, el protocolo de estudio estableció las siguientes actuaciones:

- *TVS relacionada con el PICC:* no se recomendó ni el uso de anticoagulantes, ni la retirada del catéter, salvo en pacientes sintomáticos (tromboflebitis) o en los que, en las siguientes evaluaciones, se demostró la progresión de la trombosis al sistema venoso profundo.

- *TVP relacionada con el PICC:* se recomendó la retirada del PICC tan pronto como fuera posible y la administración de anticoagulantes durante las siguientes 6 semanas a 3 meses.

Cuando se sospechó la presencia de infección relacionada con el PICC, el protocolo de estudio estableció las siguientes medidas:

- *Sospecha de infección local:* se extrajo frotis del orificio de inserción. Si existió supuración local, se recomendó la administración de antibiótico sistémico sin retirar el catéter. Si únicamente existió enrojecimiento o cordón (flebitis), se recomendó limpiar con clorhexidina al 2% y recambiar diariamente el apósito.

- *Sospecha de infección sistémica:* se extrajeron hemocultivos simultáneos del PICC (de todas las luces en los multilumen) y de sangre periférica, solicitando la realización de

hemocultivos diferenciales, y se recomendó la administración de antibióticos sistémicos. En caso de estado séptico, además, se recomendó la retirada inmediata del PICC, mandando la punta a cultivo. En los demás casos, se también se recomendó su retirada, contemplándose la posibilidad de mantenerlo en caso de estricta necesidad.

La permeabilidad de estos vasos se estableció demostrando su compresibilidad con el modo 2D o mediante la presencia de flujo sanguíneo normal con los modos doppler pulsado o color. Independientemente del motivo de la retirada del PICC, la punta del catéter fue enviada a cultivo para detectar colonización microbiológica, empleándose la técnica semicuantitativa descrita por Maki et al. ^[220]

Atendiendo a las recomendaciones actuales, ^[221-223] el uso de tromboprofilaxis no se realizó de manera sistemática durante el periodo de estudio. Tras la retirada del catéter, no se registraron ni la evolución ni el manejo clínico de los pacientes que desarrollaron complicaciones trombóticas relacionadas con los PICCs.

Las complicaciones infecciosas relacionadas con los PICCs también se vigilaron prospectivamente. El sitio de inserción del PICC fue inspeccionado diariamente por las enfermeras responsables en los pacientes hospitalizados o por los padres del paciente en los ambulatorios. Cuando existieron signos de infección local (eritema, exudación, dolor), se tomaron frotis de la piel pericatóter y hemocultivos extraídos del catéter y de vena periférica. Por otro lado, en los pacientes hospitalizados la temperatura corporal fue registrada al menos tres veces al día, y, en los no hospitalizados, al menos una vez al día. Cuando los pacientes presentaron fiebre, se extrajeron hemocultivos del PICC y de vena periférica por punción. Siempre que se sospechó que el PICC podía ser la causa de infección, el catéter fue retirado y su punta mandada a cultivar.

IV. DEFINICIONES.

- *Trombosis venosa relacionada con el PICC*: los criterios ecográficos de trombosis empleados en el estudio fueron la visualización directa de un trombo en el interior de la luz de la vena o la ausencia de colapso completo tras la compresión en modo 2D, junto con la ausencia de color o relleno incompleto en modo Doppler-color. ^[224] La *trombosis venosa superficial (TVS)* fue la que afectó las venas basílica, humeral o cefálica. ^[225] La *trombosis venosa profunda (TVP)* fue la que afectó las venas axilar, subclavia, yugular interna, tronco braquiocefálico o cava. ^[225] El diagnóstico de *trombosis venosa parcial* se estableció cuando el trombo ocupó parte de la luz del vaso, existiendo colapso parcial en

modo 2D, y flujo sanguíneo residual modos de exploración doppler.^[158] El de *trombosis venosa completa* se estableció cuando el trombo ocupó toda la luz del vaso, sin existir colapso del vaso en modo 2D, color en modo doppler-color ni flujo sanguíneo en modo doppler-pulsado.^[158]

- *Infección relacionada con el PICC*: los criterios de infección empleados en el estudio fueron los establecidos por el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC).^[226] La *infección local* relacionada con el PICC se estableció ante la presencia de eritema, induración o exudación en el sitio de inserción. La presencia de un pequeño eritema, muy centrado en el punto de inserción del PICC, sin otra sintomatología acompañante, no fue considerado una infección local. La *contaminación* del PICC se estableció cuando, por un lado, el cultivo de su punta por técnica de roll-plate identificó ≥ 15 UFC, mientras que, por otro, los hemocultivos extraídos del PICC y de una vena periférica fueron negativos. La *infección sistémica relacionada con catéter (CRBSI)* se estableció ante el aislamiento del mismo germen en hemocultivos extraídos del PICC y de vena periférica, en un paciente con signos clínicos de infección (fiebre y reactantes de fase aguda en la analítica), que no pudieran ser explicados por la presencia de otro foco infeccioso acompañante.
- *Malfunción relacionada con el PICC*: se definió por la presencia de obstrucción, salida accidental o rotura del catéter. La *obstrucción parcial* del PICC se estableció ante la posibilidad de administrar fluidos pero no de extraer sangre, mientras que la *obstrucción total* se estableció cuando no fue posible ni infundir líquidos ni extraer sangre.^[173]
- *Tiempo de seguimiento*: se definió como el tiempo transcurrido desde la inserción hasta la retirada del catéter. Coincidió con el tiempo de permanencia del catéter.
- *Tiempo a evento*: para la elaboración de las curvas de supervivencia con la metodología de Kaplan-Meier, se empleó el tiempo a evento, definido como el tiempo desde la inserción del PICC hasta el diagnóstico de trombosis o hasta la retirada del catéter, lo que ocurriera en primer lugar.
- *Ratio catéter-vena*: razón entre el diámetro antero-posterior de la vena superficial canalizada y el diámetro del PICC insertado en su interior, ambos expresados en milímetros.

V. RECOGIDA Y ALMACENAMIENTO DE DATOS.

Para facilitar la recogida de datos durante la inserción y el seguimiento posterior de los catéteres, se diseñó una hoja de recogida de datos específica. (Ver documento específico en Anexo).

Los datos recogidos fueron los siguientes:

- *Datos demográficos:* Edad, peso y sexo.
- *Datos clínicos:* Lugar de procedencia, Servicio solicitante, planta en la que está hospitalizado el paciente, enfermedad de base, situación clínica, empleo previsto del catéter y duración prevista de la inserción y estancia en UCI o intervención quirúrgica portando el PICC.
- *Datos de la inserción:* fecha de inserción, número y nombre de los operadores, tipo de sedación, tipo de catéter (marca, modelo, calibre, número de luces y longitud insertada), método ecográfico (longitudinal/transversal; en plano/fuera de plano), vena canalizada (nombre, calibre y lateralidad), ratio catéter-vena número de venas puncionadas hasta el éxito, número de punciones realizadas hasta el éxito, localización de la punción en el brazo, localización de la punta, necesidad de recolocación del catéter, método de fijación del catéter, complicaciones durante la inserción, tiempo de canalización y tiempo de procedimiento,
- *Datos del seguimiento:* fecha de revisión, permeabilidad de la vena canalizada, funcionalidad del catéter y necesidad de desobstrucción con fibrinolíticos.
- *Datos de la retirada:* fecha de la retirada, tiempo de estancia del catéter, tiempo como paciente ambulatorio, motivo de retirada (fin del tratamiento, éxito, complicación), tipo de complicación (sospecha/confirmación de infección, malfunción, salida accidental, trombosis venosa), tipo de trombosis relacionada con el PICC (superficial, profunda o superficial+profunda), tiempo hasta la trombosis, grado de obstrucción trombótica (parcial o total), sintomatología de la trombosis, cultivo de la punta, tipo de infección relacionada con PICC, tiempo hasta la infección, tipo de complicación mecánica, tiempo hasta la complicación mecánica.

Tras completar el seguimiento de cada paciente, los datos fueron trasladados a una base de datos informática específicamente diseñada para este estudio, realizada con el programa Microsoft Office Excel 2007® (Microsoft Corp.®, NM, USA) y custodiada por el investigador principal.

VI. ESTUDIO ESTADÍSTICO.

Para el estudio estadístico se contó con la colaboración del Dr. Juan José de la Cruz Troca (Departamento de Bioestadística de la Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Madrid).

1. Gestión y procesado de los datos.

1.1. Software utilizado.

- Procesador de texto: Microsoft Office Word 2010® (Microsoft Corp.®, NM, USA).
- Hoja de cálculo: Microsoft Office Excel 2007® (Microsoft Corp.®, NM, USA).
- Análisis estadístico: SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. (IBM Corp. Armonk, NY) y "R", versión 3.1.2 (www.cran.r-project.org).

1.2. Hardware empleado.

- Satellite® de Toshiba™, tipo lap-top, con procesador Intel Core™ i7, 12 Gb de memoria RAM y disco duro interno de 1 Tb.
- WorK-station® de HP Z400™, con procesador Intel Xeon™, 12Gb de memoria RAM y tres discos duros internos.

1.3. Creación y custodia de la base datos informatizada.

La base de datos original realizada con el programa Microsoft Excel 2007® y custodiada por el investigador principal, se exportó al programa de análisis estadístico SPSS V.21.0®, generándose una nueva base de datos. Con este programa se realizó todo el estudio estadístico de la tesis, utilizando el programa "R" para la elaboración de algunos de los gráficos del estudio.

La computadora en la que se almacenó la nueva base de datos, tuvo como procesador un Intel Xeon con 12 GB de memoria RAM, y dispuso de clave de entrada al sistema operativo (Windows 7 de 64 bits). Dotado con tres discos duros internos, uno fue el de trabajo donde

se almacenó la base de datos de trabajo y desde el que se realizó la tabulación. El segundo disco duro funcionó en modo "espejo", almacenando automáticamente todos los archivos generados en el disco de trabajo en tiempo real. Por último, en el tercer disco duro se empleó para almacenar copias de seguridad, Backup, actualizándose semanalmente los viernes a las 10:00 am. El backup se exportó mensualmente a un disco duro externo que se guardo bajo llave.

2. Análisis Estadístico.

2.1. Estadística descriptiva.

La distribución normal de las variables cuantitativas se estudió mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. Si la variable cuantitativa seguía una distribución normal, como medida resumen de tendencia central y de dispersión se utilizaron la media \pm la desviación estándar, respectivamente, empleándose la mediana y el rango intercuartílico en caso contrario. Cuando fue necesario, se emplearon histogramas o diagramas box-plot para su presentación gráfica. Para describir las variables cualitativas se empleó la frecuencia absoluta y relativa de cada categoría [n (%)]. Cuando fue necesario, se emplearon diagramas sectoriales o de barras para su presentación gráfica.

2.2. Estadística analítica.

Las comparaciones realizadas para estudiar si existían diferencias en la distribución de las variables del estudio fueron las siguientes:

- Comparación de uno frente a dos operadores. Para la realización de este análisis se compararon los pacientes canalizados por un solo operador con los pacientes canalizados por dos operadores.
- Comparación de trombosis venosa superficial frente a no trombosis. Para realizar este análisis se seleccionaron los casos de TVS aislada y se compararon con los casos que no tuvieron trombosis.
- Comparación de trombosis venosa profunda frente a no trombosis. Para realizar este análisis se agruparon los casos de TVP aislada con los casos de TVP combinada con TVS, y se compararon con los casos que no tuvieron trombosis.

- Comparación de catéteres infectados frente a no infectados. Para este análisis se agruparon los pacientes con contaminación del PICC con los pacientes con bacteriemia/sepsis relacionada con catéter, y se compararon con los pacientes sin complicación infecciosa.
- Comparación de catéteres malfuncionantes frente a no malfuncionantes. Para este análisis se agruparon los casos con obstrucción parcial o total del PICC, y se compararon con los pacientes sin malfunción del catéter. El mismo análisis se realizó para el estudio de la salida accidental del catéter.

Con respecto a la metodología empleada, para la comparación de variables cuantitativas con distribución normal se empleó el método de la t de Student para muestras independientes, y el método de Kruskal-Wallis en caso contrario. Para la comparación de variables cualitativas se empleó el método de la chi-cuadrado de Pearson. No obstante, para la comparación de muestras pequeñas ($n < 30$) con tablas de 2×2 , se empleó el test exacto de Fisher, y con tablas de más de 2×2 la corrección de máxima verosimilitud. Cuando las variables no siguieron una distribución normal se emplearon para la comparación tests no paramétricos (U de Mann-Whitney).

Se emplearon modelos de regresión logística y de Cox univariantes y bivariantes para la identificación de factores de riesgo de las diferentes complicaciones relacionadas con los PICCs. La selección de variables se realizó según el modelo por pasos hacia adelante ("forward stepwise"). Los datos de estos análisis se expresaron como riesgo relativo (regresión logística) o Hazard ratios (regresión de Cox), con su correspondiente intervalo de confianza del 95%. La bonanza del ajuste de los diferentes modelos de regresión se estableció mediante el test de Hosmer-Lemeshow. Se estableció el nivel de significación en $p < 0,05$.

Los análisis de tiempo al evento para la estimación de supervivencia a retirada sin complicaciones y a trombosis, y de incidencia acumulada para los distintos tipos de trombosis, se realizaron siguiendo el método de Kaplan-Meier. Cuando estuvo indicado se compararon los diferentes factores por el método de log-rank (Mantel-Cox).

Se realizaron curvas ROC para representar gráficamente la sensibilidad y la especificidad de los diferentes valores del ratio catéter-vena en la predicción de los diferentes tipos de trombosis relacionada con el PICC. En cada una de ellas se determinó el área bajo la curva. El valor óptimo del ratio catéter-vena para la predicción de trombosis se estableció empleando el índice de Youden.

RESULTADOS



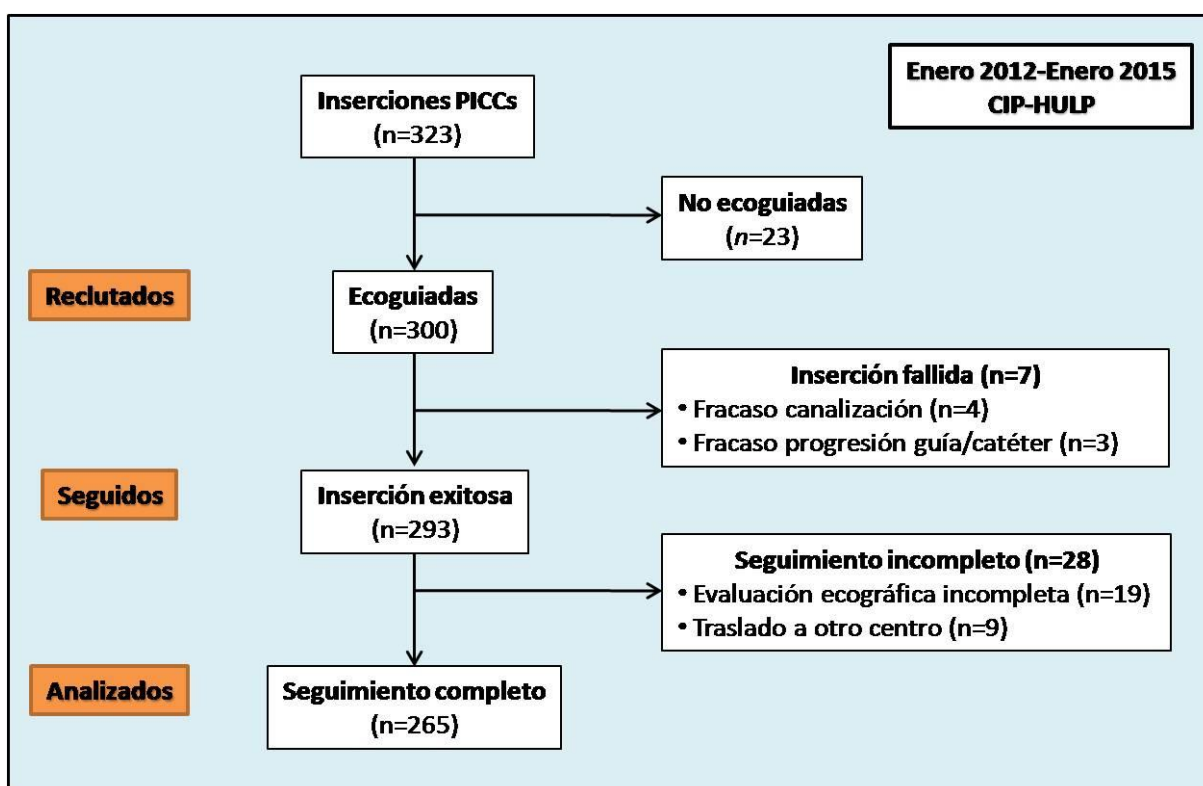
RESULTADOS

I. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO.

1. Número de catéteres insertados y de pacientes seguidos.

Durante el periodo de estudio, en el Servicio de Cuidados Intensivos Pediátricos del Hospital Universitario La Paz se insertaron 323 PICCs, empleando la técnica de ecoguiado en 300 de ellos, que fueron reclutados por el estudio. A su vez, se insertaron con éxito 293 catéteres (97,7%), consiguiéndose completar el seguimiento en 265 casos, que fueron los que conformaron la población de estudio analizada en esta tesis (Figura 44).

Figura 44. Diagrama de flujo que resume el número de pacientes reclutados y finalmente analizados en el estudio.



2. Características sociodemográficas.

Los 265 PICCs analizados se colocaron en un total de 212 pacientes. Así, durante el periodo de estudio, 175 (82,5%) pacientes recibieron un sólo PICC, 30 (14,2%) pacientes dos y 7 (3,3%) pacientes 3 o más. La mediana de edad fue de 6,5 años (Rango Intercuartílico - RIC - 2,4-13), y la de peso de 20 Kg (RIC 11-38) (Figuras 45 y 46). La proporción entre varones y mujeres fue similar [143 (54%) varones].

Figura 45. Histograma con la distribución de los casos por edad.

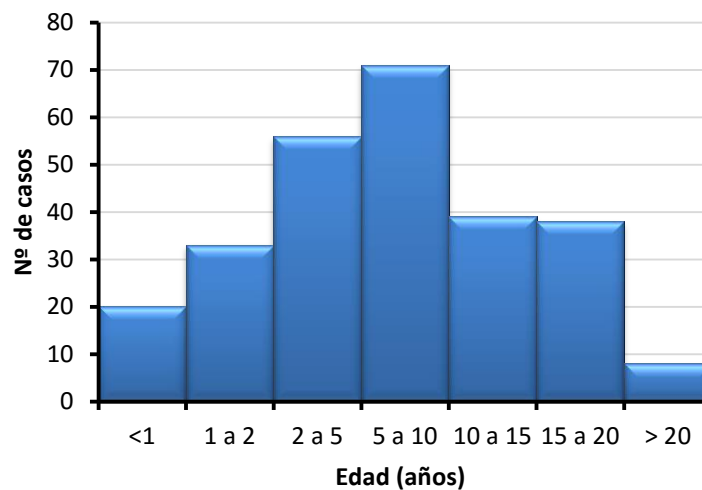
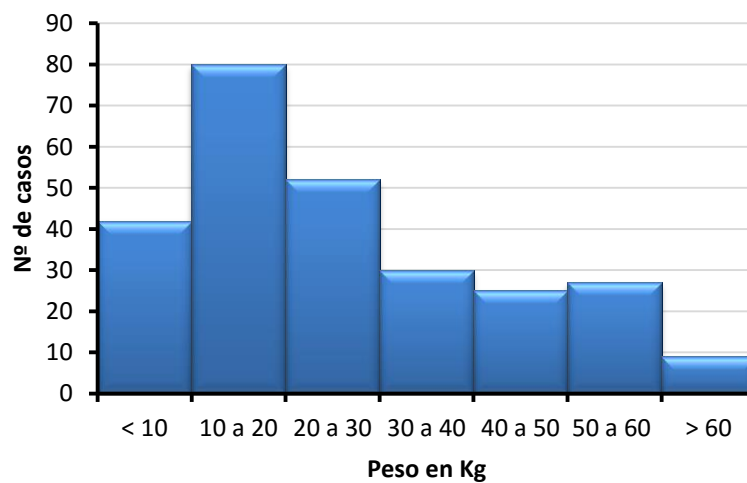


Figura 46. Histograma con la distribución de los casos por peso.



3. Características clínicas.

En lo que se respecta a la enfermedad de base, el 67,9% de los pacientes estudiados padecían enfermedades crónicas, el 56,6% algún grado de inmunosupresión, el 27,2% eran pacientes trasplantados de órgano sólido y el 24,9% enfermos oncológicos (Tabla 15). Además, una proporción elevada de ellos requirieron ingreso en UCI (46%), tratamiento con nutrición parenteral (46%) o con quimioterápicos (27,2%).

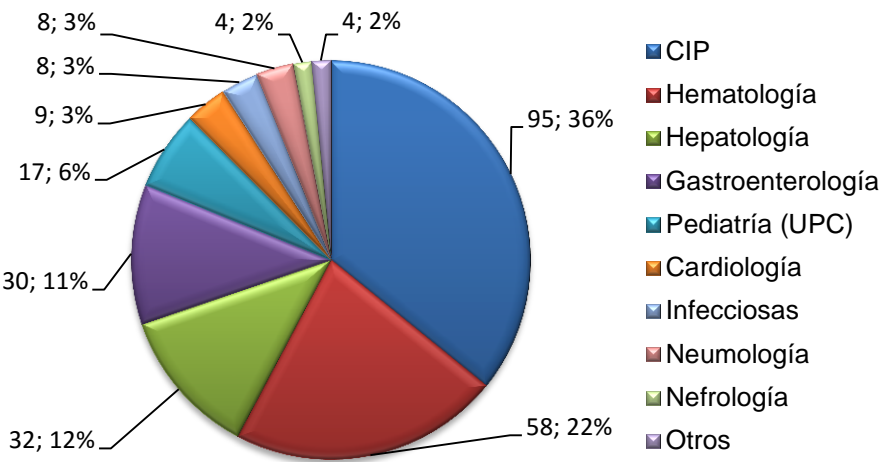
Tabla 15. Datos demográficos y clínicos de la población analizada en el estudio.

Demográficos	N (%)
Edad (meses) †	78 (29-156)
Peso (Kg) †	20 (11-38)
Sexo	
Varón	143 (54,0)
Mujer	122 (46,0)
Comorbilidades ‡	N (%)
Enfermedad crónica	180 (67,9)
Inmunosupresión	150 (56,6)
Enfermedad oncológica	66 (24,9)
Trasplantado de órgano sólido	72 (27,2)
Trasplantado de médula ósea	9 (3,4)
Enfermedad respiratoria	40 (15,1)
Enfermedad cardíaca	35 (13,2)
Exposición del PICC durante su permanencia	N (%)
Intervención quirúrgica	36 (13,6)
Ingreso en UCI Pediátrica	122 (46,0)
Nutrición parenteral	122 (46,0)
Quimioterapia	72 (27,2)

Salvo que se indique de otra forma, los datos se presentan como número de pacientes, con sus porcentajes entre paréntesis. † Mediana y rango intercuartílico; ‡ Las comorbilidades no suman 100% ya que, con frecuencia, los pacientes compartieron varias de ellas.

En el momento de la inserción del PICC, 95 (36%) pacientes estaban ingresados a cargo del Servicio de Cuidados Intensivos Pediátricos, 58 (22%) de Hemato-Oncología, 32 (12%) de Hepatología, 30 (11%) de Gastroenterología y 17 (6%) a cargo de la Unidad de Patología Compleja del Servicio de Pediatría General (Figura 47) .

Figura 47. Distribución de los Servicios solicitantes de la inserción del PICC.



II. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROCEDIMIENTO DE INSERCIÓN.

En la Tabla 16 se resumen las características del procedimiento de inserción de los PICCs observadas durante el periodo de estudio.

Tabla 16. Datos del procedimiento de inserción de los PICCs analizados.

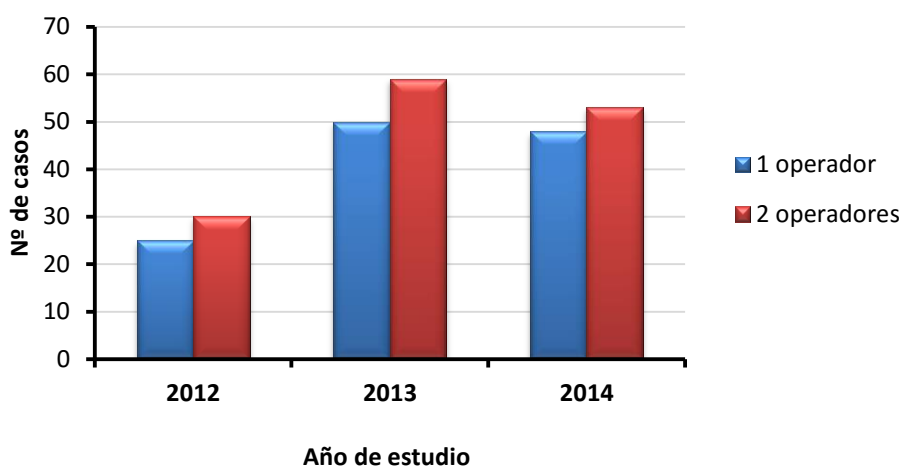
Datos del procedimiento de inserción		N (%)
Nº de operadores:	1 / 2	123 (46,4) / 142 (53,6)
Sedación:	Sistémica / Local	242 (91,3) / 23 (8,7)
Brazo canalizado:	Derecho / Izquierdo	146 (55,1) / 119 (44,9)
Posición del PICC en el brazo:	Proximal	29 (11,2)
	Media	177 (68,6)
	Distal	52 (20,2)
Tipo de PICC:	Estándar / Alto-flujo	224 (84,5) / 41 (15,5)
Calibre PICC (French):	3	175 (66,0)
	4	88 (33,2)
	5,5	2 (0,8)
Nº de luces PICC:	1	100 (37,7)
	2	163 (61,5)
	3	2 (0,8)
Modelo PICC	VYGON Multicath	112 (42,3)
	VYGON Lifecath PICC	75 (28,3)
	Arrow	37 (14,0)
	Cook Power-Ject	41 (15,5)
Diámetro vena puncionada †		3,4 (2,8-4,2)
Ratio catéter/vena †		0,32 (0,29-0,36)
Visionado ecográfico de la vena:	Longitudinal / Transversal	188 (70,9) / 77 (29,1)
Visionado ecográfico de la aguja:	En plano / Fuera de plano	189 (71,3) / 76 (28,7)
Nº venas puncionadas:	1	235 (88,7)
	2	28 (10,6)
	3	2 (0,8)
Nº de punciones hasta el éxito:	1	129 (48,7)
	2	65 (24,5)
	3	39 (14,7)
	≥ 4	32 (12,1)
Vena canalizada:	Basílica	237 (89,4)
	Humeral	21 (7,9)
	Cefálica	1 (0,4)
	Axilar	6 (2,3)
Fijación PICC:	Sin sutura / Con sutura	156 (58,9) / 109 (41,1)
Posición punta del PICC:	Óptima	90 (34,0)
	Subóptima	120 (45,3)
	Mal posicionada	55 (20,7)
Tiempo de canulación (minutos) †		4 (1-10)
Tiempo de procedimiento (minutos) †		30 (20-40)

Salvo que se indique de otra forma, los datos se presentan como número de pacientes, con sus porcentajes entre paréntesis. † Mediana y rango intercuartílico.

1. Número de operadores por procedimiento.

El procedimiento de inserción se llevó a cabo por un operador (médico) en 123 casos (46%), y por dos operadores (médico y enfermera) 142 casos (54%). La distribución por años se muestra en la Figura 48.

Figura 48. Distribución de los procedimientos realizados por uno o dos operadores en los tres años del estudio.



2. Empleo de sedación durante el procedimiento.

En 211 (79,6%) casos el procedimiento de inserción se realizó tras la administración de fármacos sedo-analgésicos por vía intravenosa, siendo midazolam-fentanilo la combinación más frecuentemente empleada (64%). En 31 (11,7%) casos se emplearon anestésicos inhalados, eligiéndose en todos ellos sevoflurano. Por último, en 23 (8,7%) casos la inserción se realizó empleando únicamente anestésicos locales, eligiéndose para ello la lidocaína al 1%.

3. Localización de la inserción.

Todos los PICCs del estudio se colocaron en las extremidades superiores y siempre por encima de la fosa antecubital. En 146 casos (55,1%), los PICCs se colocaron en el brazo derecho, y en 119 (44,9%) en el izquierdo.

En lo que respecta a la posición en el brazo del catéter, en 177 (68,6%) casos éste se insertó en la tercio medio, en 52 (20,2%) en el distal y en 29 (11,2%) en el proximal.

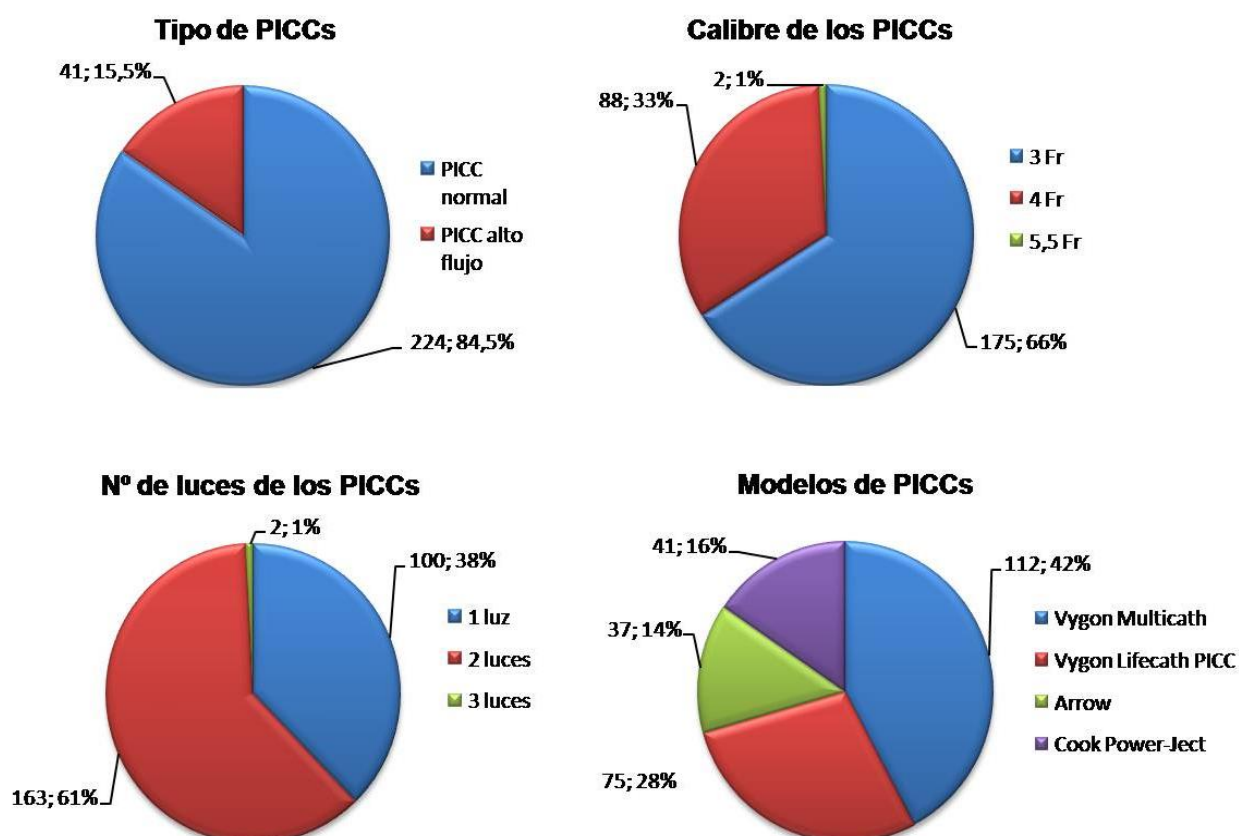
4. Características de los PICCs insertados.

La mayoría de los PICCs fueron de tipo estándar (224; 84,5%). En 41 (15,5%) casos se emplearon PICCs de alto flujo, siendo casi siempre pacientes oncológicos.

Atendiendo al calibre del PICC, los más empleados fueron los de 3 French (66%), seguidos por los de 4 French (33%). Excepcionalmente se utilizaron PICCs de 5,5 French. Por otro lado, atendiendo al número de luces del catéter, los más empleados fueron los de dos luces (61%) (Figura 49).

Por último, el modelo de PICC más utilizado fue el Vygon Multicath 2® (42%), seguido por el modelo Vygon Lifecath PICC (PUR)® (28%). La distribución de los casos según el modelo de PICC insertado se resume en el siguiente gráfico.

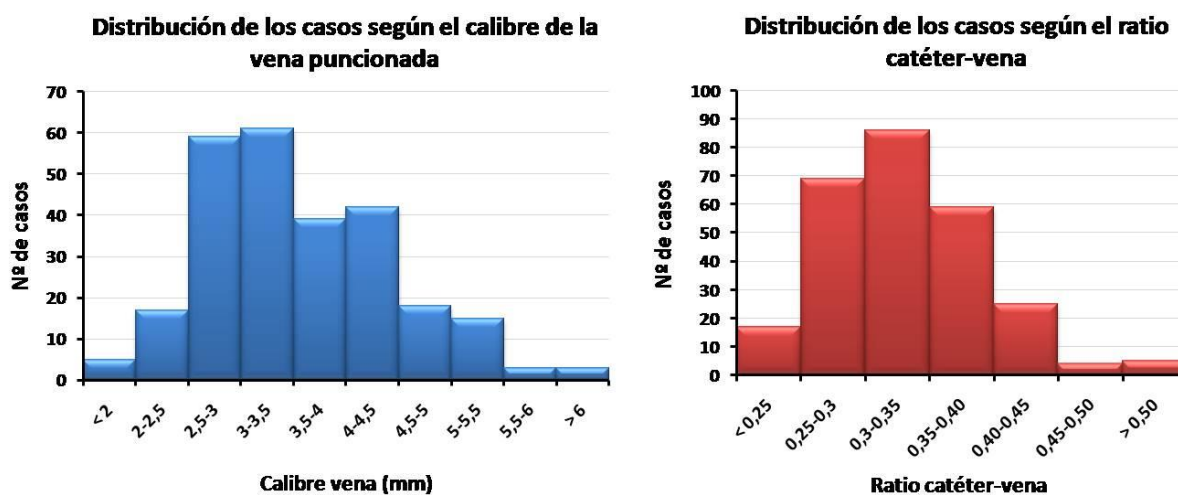
Figura 49. Características de los PICCs empleados en el estudio.



5. Características de las venas puncionadas.

La vena seleccionada en la gran mayoría de los casos fue la vena basilíca (237; 89,4%), seguida en frecuencia por la vena humeral (21; 7,9%) y la vena axilar (4; 1,5%). La utilización de otros vasos, como la vena cefálica o la yugular externa, fue muy excepcional. La mediana del diámetro de la vena puncionada fue de 3,4 mm (RIC 2,8-4,2) y la mediana del ratio catéter/vena fue de 0,32 (RIC 0,29-0,36) (Figura 50).

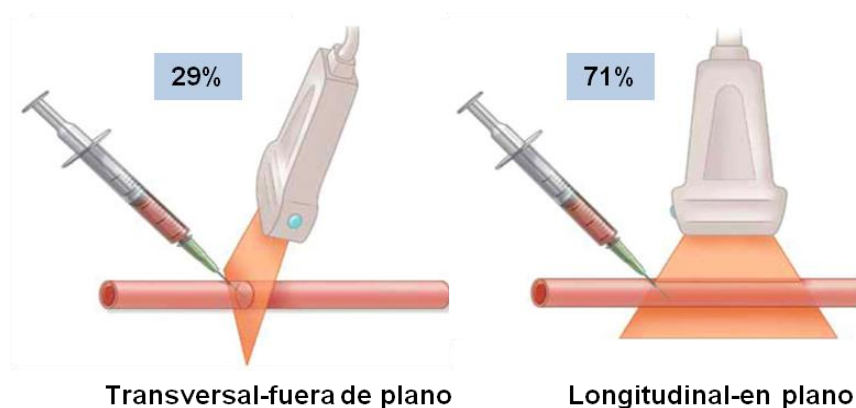
Figura 50. Histogramas con la distribución de los casos en función del calibre de la vena y del ratio catéter-vena.



6. Características del procedimiento de inserción.

Durante el periodo de estudio se realizaron 300 procedimientos de canalización ecoguiada, de los cuales fueron exitosos 293 (97,7%). Los motivos por los que no se consiguieron canalizar los PICCs en los 7 casos fallidos [mediana de edad 19 (11-24) meses; mediana de peso 12,4 (6,5-18) Kg; 66,7% varones] fueron fracaso en la canalización de la vena en 4 casos, y fracaso en la progresión de la guía o el catéter en los 3 restantes. En 3 de los 7 casos fallidos, la técnica fue realizada por un operador, y en 4 por dos operadores.

Con respecto a la técnica de punción ecoguiada, la combinación de visión del vaso en longitudinal y de la aguja en plano fue empleada en el 71% de los casos, y la combinación de visión del vaso en transversal y de la aguja fuera de plano se empleó en el 29% de los casos (Figura 51).

Figura 51. Técnicas empleadas en al canalización de los PICCs.

En el 89% de los casos fue necesario puncionar una única vena hasta insertar con éxito el PICC, en el 10% hasta dos venas diferentes, y en el 1% se puncionaron hasta tres venas diferentes (Figura 52). Por otro lado, el 48,7% de los PICCs se canalizaron en el primer intento, el 73,2% tras dos intentos y el 87,9% tras tres intentos (Figura 53).

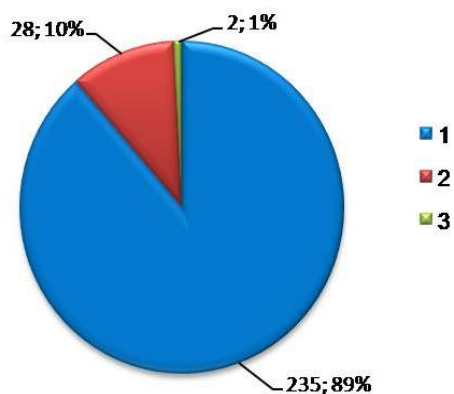
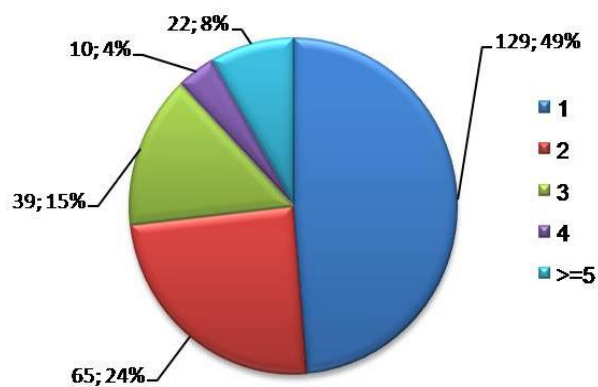
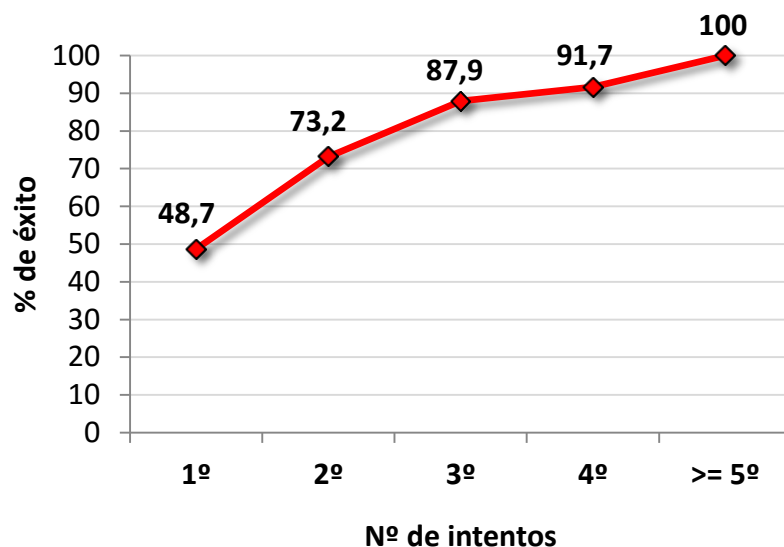
Figura 52. Número de venas y punciones hasta la colocación canalización exitosa.**Nº venas puncionadas hasta el éxito****Nº de punciones hasta el éxito**

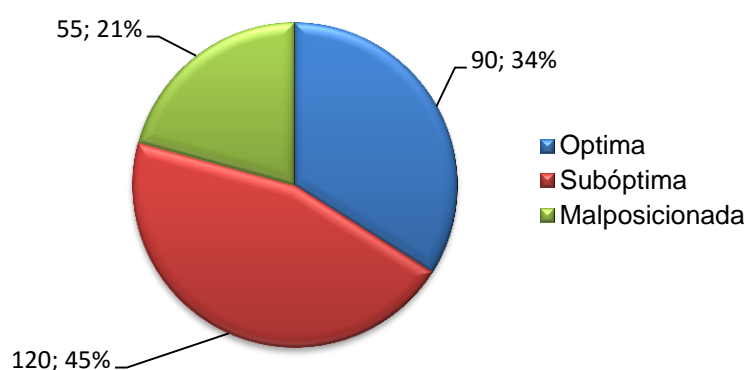
Figura 53. Porcentaje acumulado de éxito en la canalización en función del número de intentos.



En el 58,9% de los casos la fijación del catéter se realizó con dispositivos adhesivos específicos, mientras que en el 41,1% se empleó fijación con puntos de sutura.

El posicionamiento de la punta del PICC, tras terminar el procedimiento de inserción fue clasificado como óptimo en el 30% de los casos, subóptima en el 45% y malposicionada en el 21% (Figura 54).

Figura 54. Clasificación de las localizaciones finales de las puntas de los PICCs.



La mediana del tiempo de canalización, fue de 4 minutos (RIC 1-10), y la del tiempo de procedimiento fue de 30 minutos (RIC 20-40).

III. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SEGUIMIENTO DE LOS PICCs.

En la Tabla 17 se resumen los datos del seguimiento de los PICCs analizados en el estudio.

Tabla 17. Resumen de los datos del seguimiento de los PICCs analizados.

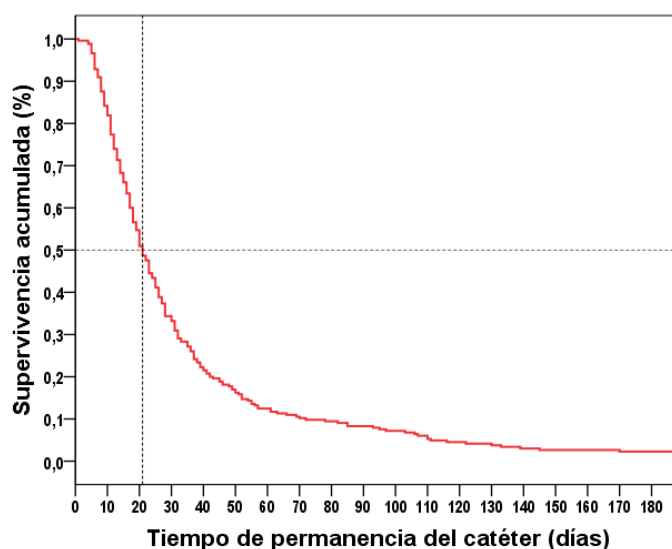
Datos del seguimiento de los PICCs	N (%)
Tiempo de permanencia (días) †	21 (12-37)
Alta a domicilio con PICC	38 (14,3)
Motivo del retirada	
Fin del tratamiento	185 (69,8)
Éxito	20 (7,5)
Complicación	60 (22,7)
Tipo complicación en retirada	
Sospecha de infección	19 (7,2)
Salida accidental	17 (6,4)
Malfunción	15 (5,7)
Trombosis	9 (3,4)
Complicaciones infecciosas	17 (6,4)
Contaminación PICC	10 (3,8)
Sepsis relacionada con el PICC	7 (2,6)
Complicaciones mecánicas	88 (33,2)
Obstrucción parcial	65 (24,5)
Obstrucción completa	17 (6,4)
Salida accidental	5 (1,9)
Rotura	1 (0,4)
Complicaciones trombóticas	88 (33,2)
TVS aislada	66 (24,9)
TVS+TVP combinadas	15 (5,7)
TVP aislada	7 (2,6)

Salvo que se indique de otra forma, los datos se presentan como número de pacientes, con sus porcentajes entre paréntesis. † Mediana y rango intercuartílico; TVS: trombosis venosa superficial; TVP: trombosis venosa profunda.

1. Tiempo de permanencia.

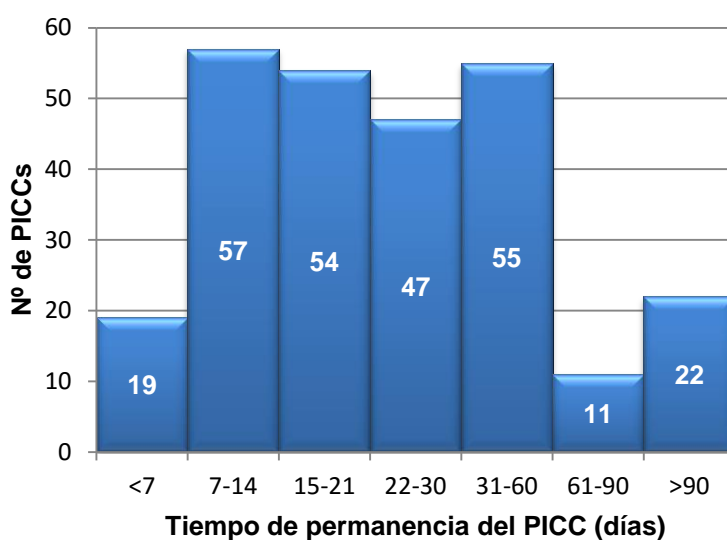
La mediana de tiempo de permanencia de los PICCs fue de 21 días (RIC 12-37), siendo el total de días de permanencia acumulado entre todos los catéteres del estudio de 9743 días. El tiempo de permanencia más prolongado fue de 502 días (Figura 55).

Figura 55. Curva de Kaplan-Meier con la supervivencia acumulada hasta la retirada de los PICCs.



La distribución del número de PICCs según el tiempo de permanencia se resume en el gráfico de la Figura 56.

Figura 56. Histograma con la distribución de los PICCs según el tiempo de permanencia.



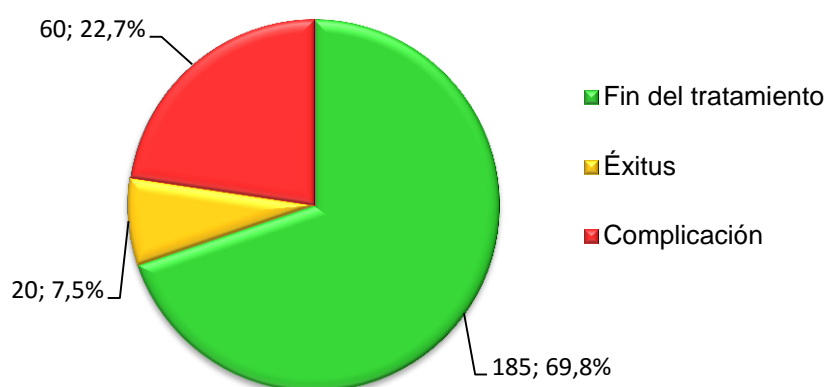
En la Tabla 18 se resumen el porcentaje parcial de catéteres en cada intervalo, y el porcentaje acumulado. El 92,8% de los PICCs permaneció insertado durante más de una semana, el 71,3% durante más de 15 días, el 50,9% durante más de 21 días, el 33,2% durante más de un mes, el 12,4% durante más de dos meses y el 8,3% durante más de tres meses.

Tabla 18. Número de PICCs, porcentaje parcial y acumulado en función del tiempo de permanencia.

Permanencia (días)	<7	7 a 14	15 a 21	22 a 30	31 a 60	61 a 90	>90	TOTAL
Nº casos	19	57	54	47	55	11	22	265
% parcial	7,2	21,5	20,4	17,7	20,8	4,1	8,3	100
Permanencia (días)	<7	<14	<21	<30	<60	<90	≤502	
Nº casos	19	76	130	177	232	243	265	-
% acumulado	7,2	28,7	49,1	66,8	87,6	91,7	100	-

2. Motivo de retirada.

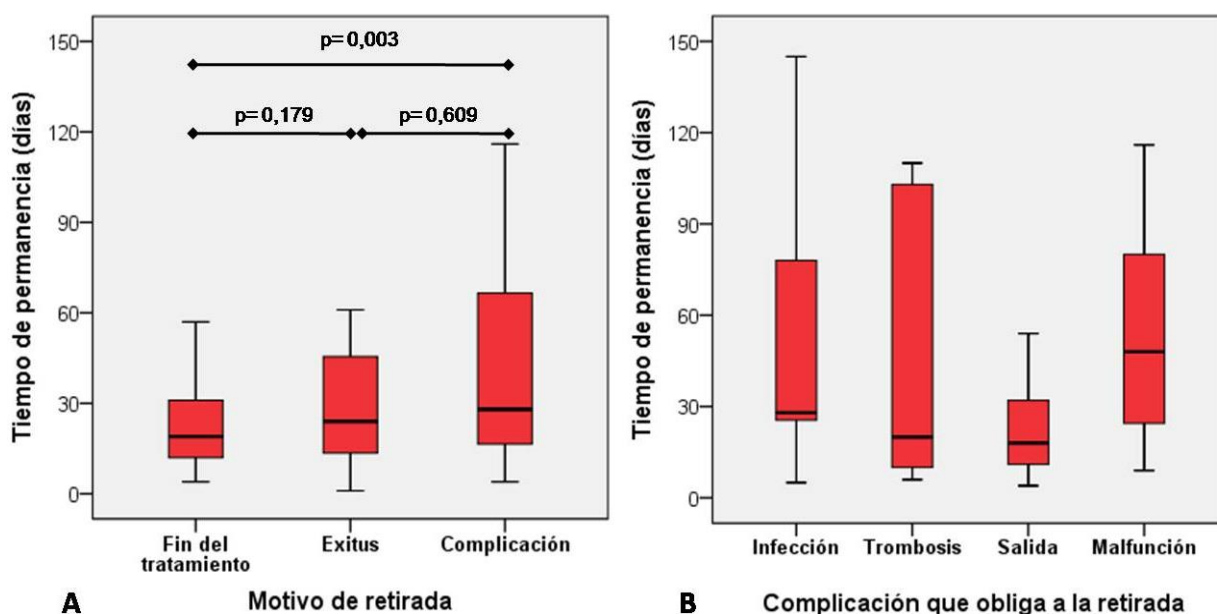
En lo que respecta al motivo de retirada (Figura 57), el 69,8% de los PICCs se retiraron porque se había completado el tratamiento y no eran ya necesarios, y el 7,5% por fallecimiento del paciente. Ninguno de los fallecimientos fueron consecuencia directa o indirecta de una complicación asociada al PICC. Por tanto, el 77,3% se retiraron sin haber generado complicaciones en el paciente.

Figura 57. Motivos de retirada de los PICCs.

Por otro lado, el 22,7% de los catéteres se retiraron por la aparición de alguna complicación, siendo la densidad de incidencia de 6,16 por 1000 días de catéter. La mediana de tiempo hasta la retirada del PICC por fin del tratamiento fue de 19 días (RIC 12-32,5), hasta la retirada por éxito de 24 días (RIC 12,8-45,8) y hasta la retirada por complicación de 28 días

(RIC 15,8-68,3). El tiempo de inserción de los PICCs retirados por la aparición de complicaciones fue significativamente mayor ($p=0,003$) que el de los PICCs retirados por fin del tratamiento (Figura 58).

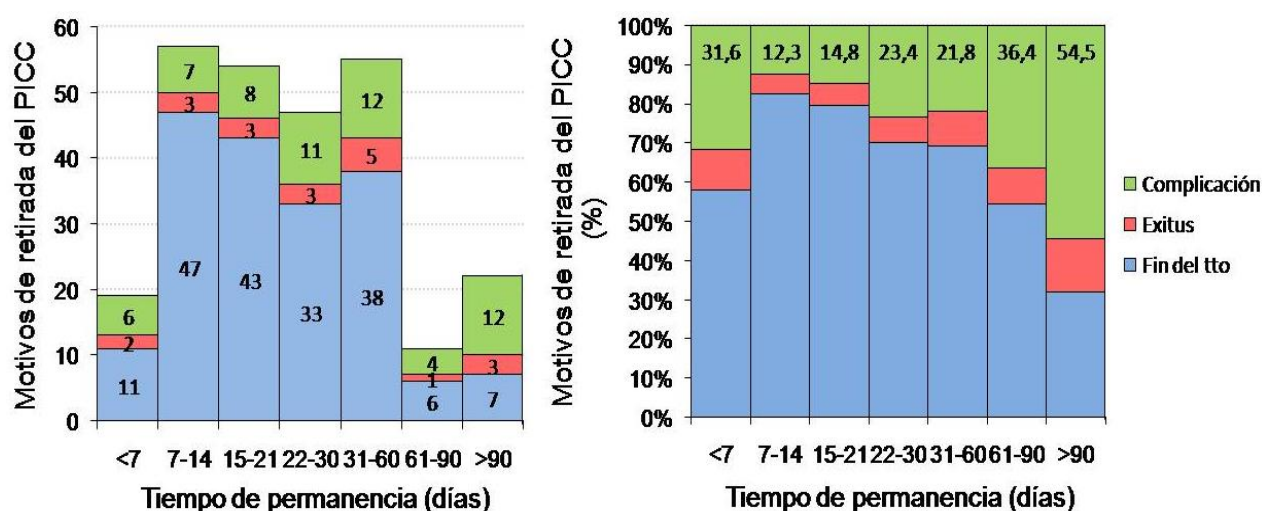
Figura 58. Box-plots que representan las medianas de tiempos de inserción hasta los diferentes motivos de retirada (A) y hasta cada una de las complicaciones que obligaron a la retirada del PICC (B). Comparaciones por método de Mann-Whitney.



La proporción de PICCs retirados por la aparición de complicaciones relacionadas con el catéter fue del 31,6% en los que permanecieron menos de 7 días insertados, del 12,3% en los que permanecieron entre 7 y 14 días, del 14,8% en los que permanecieron entre 15 y 21 días, del 23,4% en los que permanecieron entre 21 y 30 días, del 21,8% en los que permanecieron entre 31 y 60 días, del 36,4% en los que permanecieron entre 61 y 90 días, y del 54,5% en los que permanecieron más de 90 días (Figura 59). El análisis de Kruskal-Wallis demostró que, globalmente, existían diferencias significativas en los porcentajes de retirada por complicación en función del tiempo de permanencia del PICC ($p=0,003$). La comparación 2 a 2 por el método de Mann-Whitney demostró que los porcentajes de retirada del PICC por complicación fueron significativamente más elevados en los periodos de permanencia de <7 días ($p=0,05$), de 61 a 90 días ($p=0,039$) y de >90 días ($p<0,001$) en

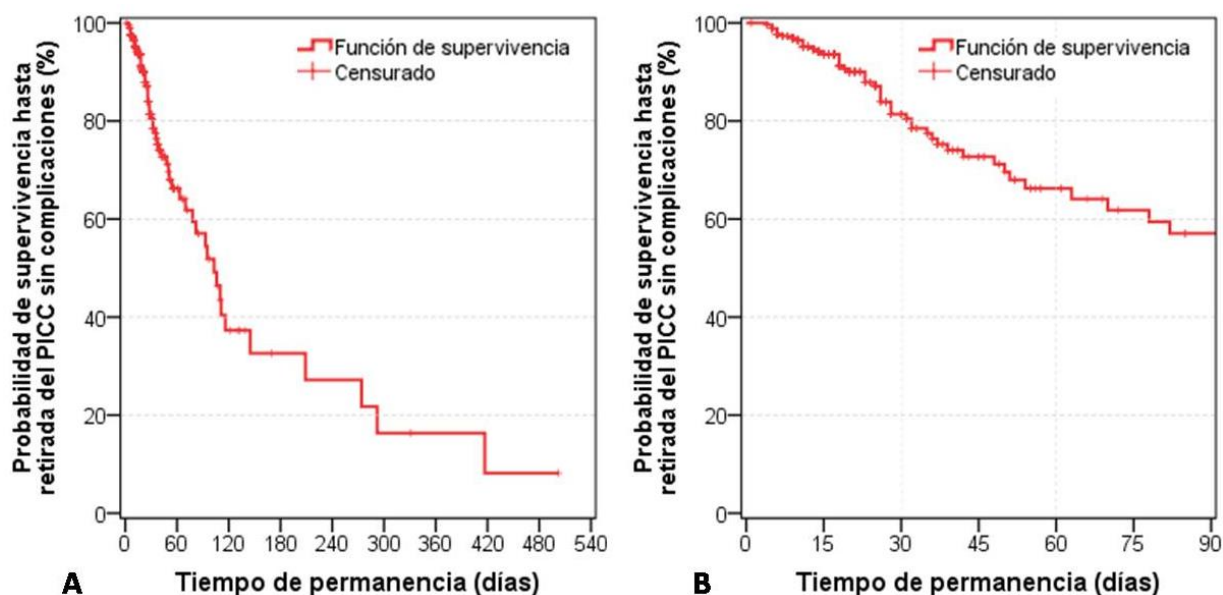
comparación con el periodo de 7 a 14 días. También se demostró que la probabilidad de retirada del PICC por la aparición de complicaciones fue más elevada en los PICCs que permanecieron durante más de 90 días con respecto a todos los demás periodos, salvo cuando se comparó con el periodo de permanencia de <7 días. Las comparaciones entre los demás periodos no alcanzaron nivel de significación, si bien el escaso número de casos en cada grupo pudo ser determinante. Agrupando los casos en catéteres insertados durante menos (n=177) o más de 1 mes (n=88), los porcentajes de retirada por complicación fueron significativamente mayores en el segundo grupo (18,1% Vs 31,8%; p=0,012).

Figura 59. Número de casos (izquierda) y porcentajes (derecha) de los diferentes motivos de retirada de los PICCs, en función de la duración del tiempo de permanencia.



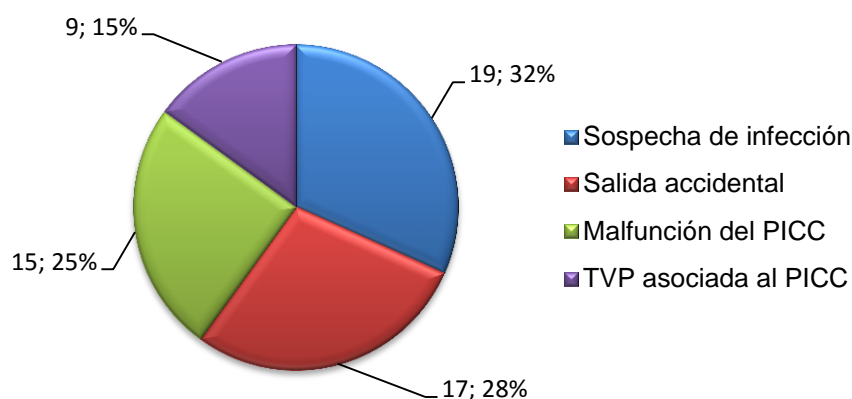
La probabilidad de que el PICC fuera retirado por fin del tratamiento y no por complicación, en catéteres insertados durante 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días fue del 93,6% +/- 0,016, del 81,4% +/- 0,031, del 72,7% +/- 0,041, 66,2% +/- 0,048; 61,8% +/- 0,054 y del 57,1% +/- 0,060, respectivamente (Figura 60).

Figura 60. Curvas de Kaplan-Meier con la supervivencia acumulada hasta la retirada del PICC sin complicaciones. A: Curva de supervivencia de toda la cohorte analizada. B: Curva de supervivencia durante los tres primeros meses de inserción del PICC.



Las complicaciones que obligaron a la retirada del PICC fueron, por orden de frecuencia, la sospecha de infección relacionada con el PICC (32% de las complicaciones), la salida accidental (28%), la malfunción del catéter (25%) y la TVP asociada al PICC (15%) (Figura 61), siendo las medianas de tiempo de presentación de las mismas 28 días (25-93), 18 días (11-32), 48 días (23-82) y 20 días (10-103), respectivamente (Figura 57).

Figura 61. Complicaciones que motivaron la retirada de los PICCs.

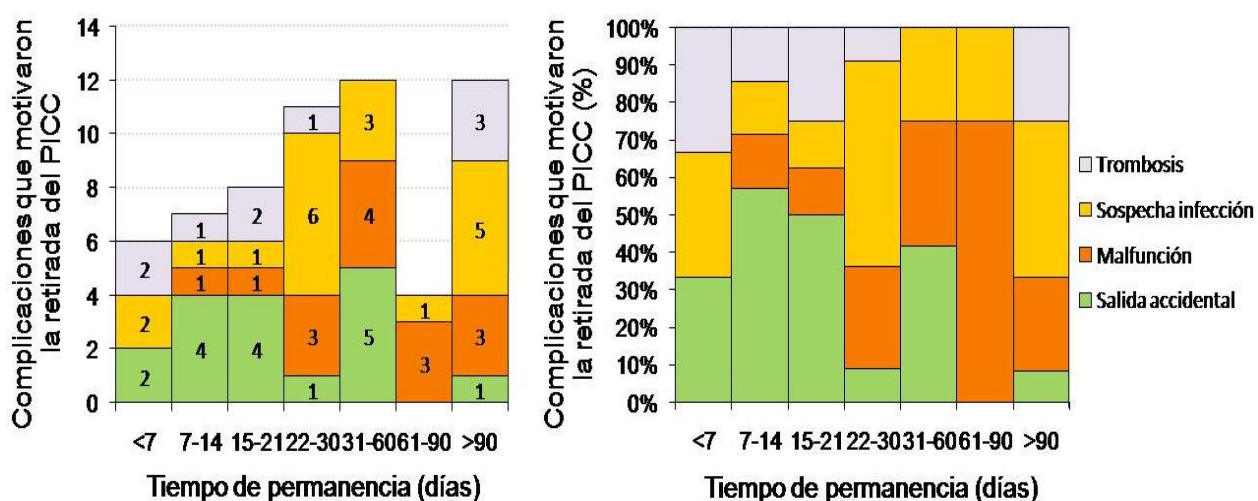


En la Tabla 19 se recogen las frecuencias porcentuales y las densidades de incidencia de las complicaciones relacionadas con los PICCs que obligaron a su retirada.

Tabla 19. Número, porcentaje, densidad de incidencia y mediana del tiempo hasta su presentación de las complicaciones que motivaron la retirada de los PICCs.

Complicaciones	N	%	Densidad de incidencia (por 1000 días de catéter)
Infecciosa			
Sospecha de infección	19	7,2	1,95
Mecánica	32	12,1	3,28
Salida accidental	17	6,4	1,74
Malfunción PICC	15	7,7	1,54
Trombótica			
TVP asociada al PICC	9	3,4	0,92
TOTAL	60	22,7	6,16

Figura 62. Número (izquierda) y porcentajes (derecha) de las complicaciones que motivaron la retirada de los PICCs del estudio, en función del tiempo de permanencia del PICC.



La distribución de los casos de retirada del PICC por aparición de complicaciones se muestra en la Figura 62. A pesar de que el escaso número de complicaciones no permitió establecer conclusiones firmes en este sentido, la salida accidental fue la complicación que con más frecuencia motivó la retirada del PICCs en las primeras 3 semanas de permanencia (10/21 casos; 47,6%), mientras que la obstrucción (13/39 casos; 33,3%) y la sospecha de infección (15/39 casos; 38,5%) fueron los motivos más frecuentes de retirada por complicación en los PICCs que permanecieron más de 21 días insertados.

Considerando el total de complicaciones, independientemente de si obligaron o no a la retirada del catéter, las más frecuentes fueron las de tipo mecánico (38,1%) y trombótico (33,2%) y las menos frecuentes las infecciosas (6,4%), siendo su densidad de incidencia 10,26, 9,03 y 1,71 por 1000 días de catéter, respectivamente (Tabla 20).

Tabla 20. Número, porcentaje y densidad de incidencia de todas complicaciones relacionadas con los PICCs detectadas en el estudio, independientemente de si motivaron la retirada del catéter o no.

Complicaciones	N	%	Densidad de incidencia (por 1000 días de catéter)
Infecciosas	17	6,4	1,74
Contaminación	10	3,8	1,03
Infección sistémica	7	2,6	0,71
Mecánicas	101	38,1	10,36
Obstrucción parcial	61	23,0	6,26
Obstrucción completa	17	6,4	1,74
Salida accidental	22	8,3	2,26
Rotura	1	0,4	0,10
Trombóticas	88	33,2	9,03
TVS aislada	66	24,9	6,77
TVS+TVP combinadas	15	5,7	1,54
TVP aislada	7	2,6	0,72

La Tabla 21 resume la proporción de complicaciones mecánicas y trombóticas que obligaron a la retirada del catéter. De los 8 pacientes a los que se les retiró el PICC por trombosis, 7 estaban sintomáticos (5 sólo con dolor y 2 con dolor y edema de la extremidad). Los 3 pacientes en los que se retiró el PICC por TVS estaban sintomáticos (1 con dolor y 2 con dolor y edema de la extremidad).

Tabla 21. Proporción de complicaciones mecánicas y trombóticas que obligaron a la retirada del PICC.

	Total N (%) [†]	Retirada N (%) [‡]
Mecánicas		
Malfunción (obstrucción)	82 (30,9)	15 (18,3)
Trombosis	88 (33,2)	8 (9,1%)
TVS aislada	66 (24,9)	3 (4,5)
TVS+TVP combinadas	15 (5,7)	1 (6,7)
TVP aislada	7 (2,6)	5 (71,4)

[†] Porcentaje con respecto al total de casos (N=265); [‡] Porcentaje con respecto al total de casos que presentaron ese tipo de complicación.

Durante el periodo de estudio, 38 (14,3%) pacientes fueron dados de alta a domicilio portando el PICC (6 en el 2012, 16 en el 2013 y 16 en el 2014). La mayoría de ellos fueron pacientes oncológicos (17; 6,4%) en los que se pretendía mantener el acceso vascular para la administración periódica de quimioterapia en el hospital. En el resto de pacientes, el PICC se empleó para la administración de nutrición parenteral domiciliaria (9; 3,4%), para la administración de antibióticos (8; 3%) o para un acceso vascular de larga duración en enfermos crónicos (4; 1,5%). La mediana de tiempo de permanencia del catéter en pacientes ambulatorios fue de 53 días (RIC 25-126), significativamente mayor ($p<0,001$) que el de los pacientes hospitalizados (20 días; RIC 11-32), siendo el tiempo máximo de permanencia de 413 días, y el total de tiempo acumulado de 2819 días. La tasa de retirada del PICC por aparición de complicaciones en ellos no fue estadísticamente diferente a la encontrada en los de pacientes hospitalizados (34,2 Vs 20,7%; $p=0,066$).

IV. ESTUDIO DEL IMPACTO DEL NÚMERO DE OPERADORES SOBRE EL ÉXITO DEL PROCEDIMIENTO DE INSERCIÓN Y LA APARICIÓN DE COMPLICACIONES POSTERIORES.

De los 265 PICCs analizados, 123 (46,4%) fueron canalizados por un solo operador (médico) y 142 (53,6%) por dos (médico y enfermera). En la Tabla 22 se comparan las distribuciones de las diferentes variables del estudio entre ambos grupos.

En comparación con el grupo de 2 operadores, en el grupo de PICCs canalizados por un sólo operador, los pacientes tuvieron menor peso (19 Vs 24 Kg; $p=0,039$), con más frecuencia fueron enfermos crónicos (76,4% Vs 60,6%; $p=0,006$) y requirieron nutrición parenteral (52,8 Vs 30,1; $p=0,039$). Con respecto al procedimiento de inserción, cuando el PICC se insertó por un solo operador, fue más probable que la inserción fuera exitosa en el primer intento (59,3% Vs 39,4%; $p=0,001$) y que la punta del PICC quedara alojada en posición óptima (49,6% Vs 33,8%; $p=0,009$). Además los tiempos de canalización (2 Vs 5 min; $p<0,001$) y de procedimiento (25 Vs 35 min; $p<0,001$) fueron significativamente menores. Por último, con respecto a los datos del seguimiento, los PICCs canalizados por un solo operador permanecieron durante más tiempo insertados (27 Vs 17 días; $p<0,001$), se emplearon con más frecuencia en pacientes ambulatorios (18,7% Vs 9,2%; $p=0,030$) y fueron retirados con más frecuencia por la aparición de complicaciones (30,1 Vs 16,2%; $p=0,007$), fundamentalmente debidas a sospecha de infección relacionada con el PICC (12,2% Vs 2,8%; $p=0,004$).

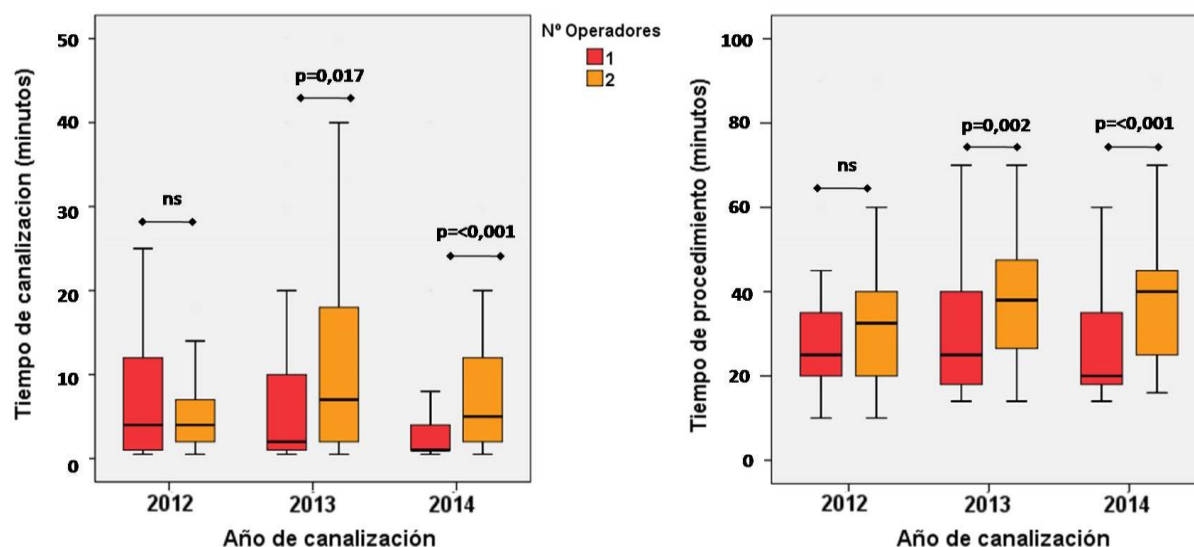
En la Figura 63 se representan gráficamente la evolución de los tiempos de canalización y procedimiento a lo largo de los años que duró el estudio, y en función del número de operadores encargados del procedimiento de inserción. A pesar de que durante el primer año del estudio no hubo diferencias significativas al comparar ambos grupos, en los dos siguientes años, en los PICCs insertados por un solo operador, tanto el tiempo de canalización como el de procedimiento fueron significativamente menores.

Tabla 22. Comparación de los PICCs canalizados por 1 o 2 operadores.

Variables	Total n=265	1 operador n=123	2 operadores n= 142	p*
Demográficas				
Edad (años) †	78 (29-156)	65 (22-147)	85 (35-127)	0,057
Peso (Kg) †	20 (11-38)	19 (10-37)	24 (13-40)	0,022
Sexo masculino	143 (54,0)	66 (53,7)	77 (54,2)	0,926
Clínicas				
Enfermedad crónica	180 (67,9)	94 (76,4)	86 (60,6)	0,006
Inmunodeprimido	150 (56,6)	69 (56,1)	81 (57,0)	0,877
Oncológico	66 (24,9)	25 (20,3)	41 (28,9)	0,109
Trasplante órgano sólido	72 (27,2)	35 (28,5)	37 (26,1)	0,662
Trasplante médula ósea	9 (3,4)	1 (0,8)	8 (5,6)	0,040
Enfermedad respiratoria	40 (15,1)	20 (16,3)	20 (14,1)	0,622
Enfermedad cardíaco	35 (13,2)	23 (18,7)	12 (8,5)	0,014
De exposición del PICC				
Intervención quirúrgica	36 (13,6)	27 (15,3)	6 (9,1)	3 (13,6)
Ingreso en UCI	122 (46,0)	86 (48,6)	27 (40,9)	9 (40,9)
Nutrición parenteral	122 (46,0)	82 (46,3)	28 (42,4)	12 (54,5)
Quimioterapia	72 (27,2)	50 (28,2)	17 (25,8)	5 (22,7)
Del procedimiento inserción				
Nº venas: 1	235 (88,7)	113 (91,9)	122 (85,9)	0,131
≥ 2	30 (11,4)	10 (8,1)	20 (14,1)	
Nº intentos: 1	129 (48,7)	73 (59,3)	56 (39,4)	0,001**
2	65 (24,5)	27 (22,0)	38 (26,8)	
3	39 (14,7)	13 (10,6)	26 (18,3)	
≥ 4	32 (12,1)	10 (8,1)	22 (15,5)	
Eco-vena: Longitudinal	188 (70,9)	86 (69,9)	102 (71,8)	0,732
Eco-aguja: En plano	189 (71,3)	87 (70,7)	102 (71,8)	0,844
Tº canalización (minutos) †	4 (1-10)	2 (1-6)	5 (2-14)	<0,001
Tº procedimiento (minutos) †	30 (20-40)	25 (18-40)	35 (25-45)	<0,001
Vena: Basílica	237 (89,4)	105 (84,5)	132 (93,0)	0,131
Humeral	21 (7,9)	15 (12,2)	6 (4,2)	
Cefálica	1 (0,4)	0	1 (0,7)	
Axilar	6 (2,3)	3 (2,4)	3 (2,1)	
Diámetro vena †	3,4 (2,8-4,2)	3,3 (2,7-4,2)	3,4 (2,9-4,2)	0,830
Ratio catéter-vena †	0,32 (0,29-0,36)	0,33 (0,29-0,37)	0,32 (0,29-0,36)	0,100
Brazo derecho	146 (55,1)	64 (54,5)	79 (55,6)	0,850
Tipo PICC: Estándar	224 (84,5)	103 (83,7)	121 (85,2)	0,741
Calibre (Fr): 3	175 (66)	84 (68,3)	91 (64,1)	0,804
4	88 (33,2)	38 (30,9)	50 (35,2)	
5,5	2 (0,8)	1 (0,8)	1 (0,7)	
Nº luces: 1	100 (37,7)	42 (34,1)	58 (40,8)	0,532
2	163 (61,5)	80 (65,0)	83 (58,5)	
3	2 (0,8)	1 (0,8)	1 (0,7)	
Local. punta: Óptima	90 (34,0)	40 (32,5)	50 (35,2)	0,645
Sub-óptima	120 (45,3)	53 (43,1)	67 (47,2)	
Malposicionada	55 (20,7)	30 (24,4)	25 (17,6)	
Local. brazo: Proximal	29 (11,2)	16 (13,4)	13 (9,4)	0,201
Medio	177 (68,6)	75 (63,0)	102 (73,4)	
Distal	52 (20,2)	28 (23,5)	24 (17,3)	
Fijación con sutura	109 (41,1)	61 (49,6)	48 (33,8)	0,009
Del seguimiento				
Tiempo permanencia (días) †	21 (12-37)	27 (16-52)	17 (11-28)	<0,001
Alta a domicilio	36 (13,6)	23 (18,7)	13 (9,2)	0,030
Motivo retirada: Fin tratamiento	185 (69,8)	76 (61,8)	109 (76,8)	0,008
Éxito	20 (7,5)	10 (8,1)	10 (7,0)	0,738
Complicación	60 (22,7)	37 (30,1)	23 (16,2)	0,007
Infección Total	17 (6,4)	11 (8,9)	6 (4,2)	0,118
Contaminación	10 (3,8)	5 (4,5)	5 (3,3)	0,763
Infección sistémica	7 (2,6)	6 (5,5)	1 (1,7)	0,051
Malfunción Total	88 (33,2)	52 (43,0)	36 (25,7)	0,003
Oclusión completa	17 (6,4)	13 (25,0)	4 (11,1)	<0,001
Trombosis Total	88 (33,2)	40 (32,5)	48 (33,8)	0,825
TVS aislada	66 (24,9)	28 (22,7)	38 (26,8)	0,534
TVP combinada	22 (8,3)	12 (9,7)	10 (7,0)	0,498

Salvo que se indique de otra forma, los datos se presentan como número de pacientes, con sus porcentajes entre paréntesis. * Comparación de variables cuantitativas por método de Mann-Whitney y de variables cualitativas por método de Chi-cuadrado; **Chi-cuadrado de tendencias; † Mediana y rango intercuartílico.

Figura 63. Box-plot con la evolución de los tiempos de canalización (izquierda) y de procedimiento (derecha) a los largo de los años del estudio, en función del número de operadores. Comparación año por año de los dos tiempos entre ambos grupos.



En la Tabla 23 se muestran las medias y las medianas de los tiempos de canalización y procedimiento a los largo de los años del estudio, en función del número de operadores.

Tabla 23. Medias y medianas de los tiempos de canalización y procedimiento a los largo de los años del estudio, en función del número de operadores.

	1 Operador	2 Operadores	p*
Tº canalización (min)			
2012	4 (1-13)	4 (2-7,3)	Ns
2013	2 (1-10,5)	7 (2-18)	0,017
2014	1 (1-4,3)	5 (2-12,5)	< 0,001
Tº procedimiento (min)			
2012	25 (20-37,5)	32 (20-40)	Ns
2013	25 (18-40)	38 (25-50)	0,002
2014	20 (18-35)	40 (25-46)	< 0,001

Los valores se expresan como mediana y rango intercuartílico; *Test de Chi-cuadrado. Se realizó test de Fisher si una o más casillas tuvieron frecuencias esperada menores de 5 o test de Mann-Whitney si el número de casos fue <30; ns: no significativo.

En la Figura 64 se representan gráficamente la evolución por año de los tiempos de canalización y de procedimiento para el grupo de un operador y para el de dos operadores. El grupo de médicos, responsables de las inserciones de PICCs realizadas por un operador, consiguió reducir significativamente los tiempos de canalización a lo largo de los años, mientras que el tiempo de procedimiento no varió significativamente. Sin embargo, en los procedimientos realizados por dos operadores, no sólo no se consiguió mejoría en el tiempo de canalización con el paso de los años, sino que, además, el tiempo de procedimiento fue mayor en el último año que en el primero.

Figura 64. Box-plot de los tiempos de canalización (izquierda) y de procedimiento (derecha) a los largo de los años del estudio, en función del número de operadores. Comparación de la evolución de los dos tiempos a lo largo de los años dentro de cada grupo.

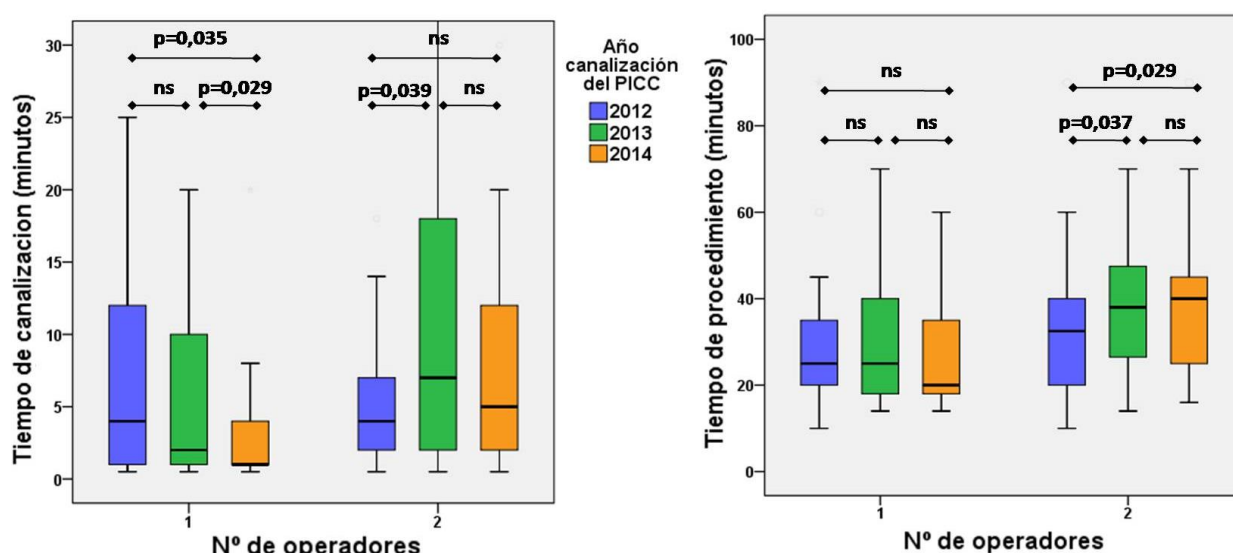


Tabla 24. Medianas de los tiempos de canalización y procedimiento a los largo de los años del estudio, en función del número de operadores.

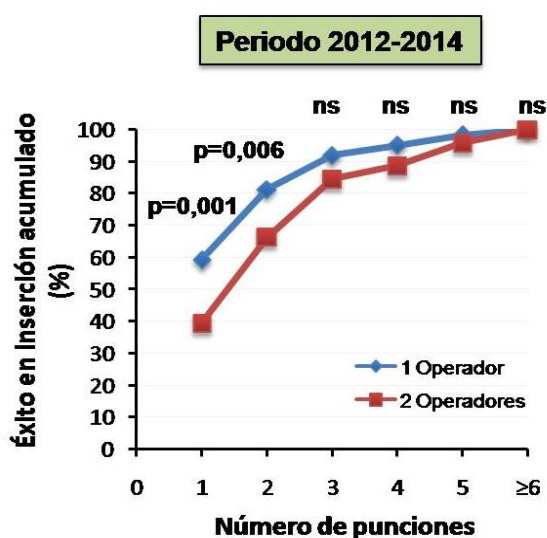
	2012	2013	2014	p*
Tº canalización (min)				
1 Operador	4 (1-13)	2 (1-10)	1 (1-4)	0,035
2 Operadores	4 (2-7)	7 (2-18)	5 (2-12)	ns
Tº procedimiento (min)				
1 Operador	25 (20-37,5)	25 (18-40)	20 (18-35)	ns
2 Operadores	32,5 (20-40)	38 (25-50)	40 (25-46)	0,029

Los valores se expresan como mediana y rango intercuartílico; *Test de Chi-cuadrado. Se realizó test de Fisher si una o más casillas tuvieron frecuencias esperada menores de 5 o test de Mann-Whitney si el número de casos fue <30; ns: no significativo.

En la Tabla 24 se muestran las medianas de los tiempos de canalización y procedimiento a lo largo de los años del estudio, en función del número de operadores.

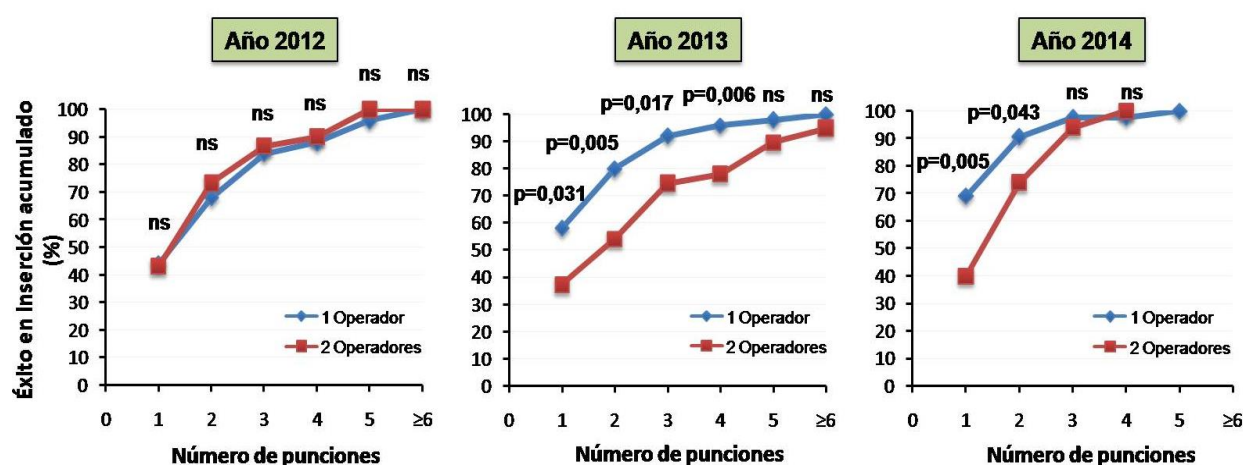
Como se refleja en la Figura 65, durante todo el periodo de estudio, cuando el procedimiento de inserción fue realizado por un operador, el porcentaje de éxito en primera punción fue de 59,3%, en segunda de 81,3%, en tercera de 91,9% y en cuarta de 95,2%. Sin embargo, cuando el procedimiento fue realizado por dos operadores, estos porcentajes fueron 39,4%, 66,2%, 84,5% y 88,5%. Comparando ambos métodos de canalización (Tabla 23), los porcentajes de éxito en primera y segunda punción fueron significativamente más elevados con el método de un operador.

Figura 65. Porcentaje acumulado de éxito en la canalización en función del número de punciones realizadas. Comparación del éxito acumulado por punción conseguido por ambos métodos (Chi-cuadrado o Mann-Whitney).



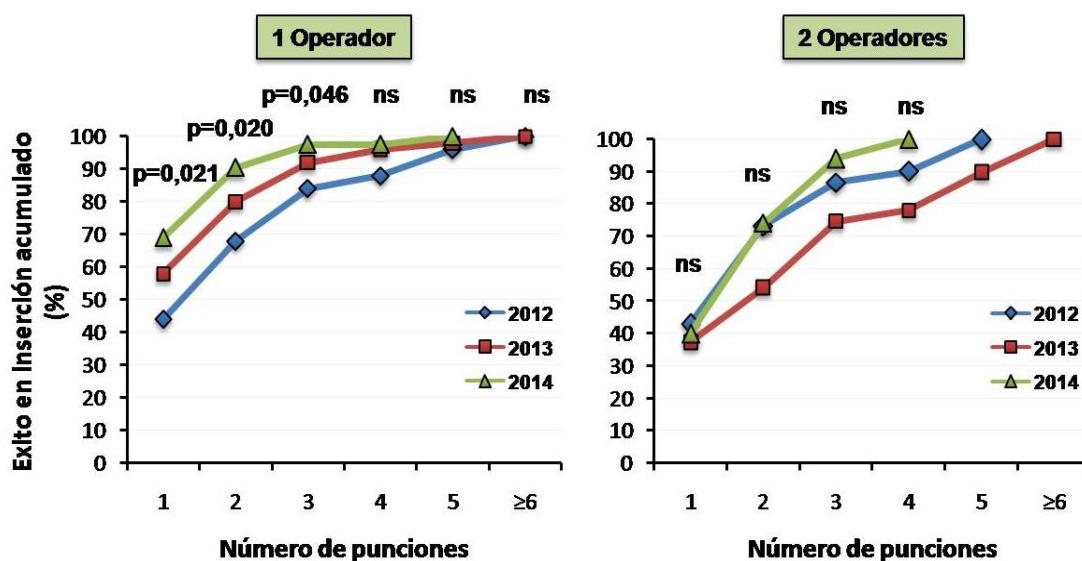
Analizando el porcentaje de éxito acumulado por punción, en función del número de operadores y del año en el que se realizó el procedimiento, no se encontraron diferencias entre ambos en los procedimientos realizados durante el año 2012, mientras que en los realizados durante los años 2013 y 2014, los porcentajes de éxito en primera, segunda y tercera punción, fueron significativamente mayores cuando el procedimiento lo realizó un operador (Figura 66).

Figura 66. Porcentaje de éxito de inserción acumulado por número de punción, en función del método (1 Vs 2 operadores) y del año de estudio. Comparación del éxito acumulado por punción conseguido por ambos métodos (Chi-cuadrado o Mann-Whitney).



Por otro lado, comparando los porcentajes acumulados de éxito por punción conseguidos en los procedimientos realizados por uno o por dos operadores a lo largo de los tres años del estudio, se encontró que, con respecto al año 2012, las tasas de éxito en primera, segunda y tercera punción conseguidas durante el 2014 fueron significativamente mayores en los procedimientos realizados por un operador, pero no en los realizados por dos operadores (Figura 67).

Figura 67. Porcentaje de éxito de inserción acumulado por número de punción, en función del método (1 Vs 2 operadores) y del año de estudio. Comparación del éxito acumulado por punción conseguido por ambos métodos (Chi-cuadrado o Mann-Whitney).



En la Tabla 24 se muestran los porcentajes de éxito acumulados de ambos métodos de inserción en función del número de punción y del año del estudio.

Tabla 25. Porcentajes de éxito acumulados de ambos métodos de inserción en función del número de punción y del año del estudio.

	2012	2013	2014	P*
1 Operador				
Nº punciones hasta éxito				
1ª	44	58	69	0,021
2ª	68	80	90,5	0,020
3ª	84	92	97,6	0,046
4ª	88	96	97,6	ns
5ª	96	98	100	ns
≥6ª	100	100	-	-
2 Operadores				
Nº punciones hasta éxito				
1ª	43	37,3	40	ns
2ª	73,3	54,2	74	ns
3ª	86,7	74,6	94	ns
4ª	90	78	100	ns
5ª	100	89,9	-	-
≥6ª	-	100	-	-

Los valores se expresan como mediana y rango intercuartílico; *Test de Chi-cuadrado. Se realizó test de Fisher si una o más casillas tuvieron frecuencias esperada menores de 5 o test de Mann-Whitney si el número de casos fue <30; ns: no significativo.

V. ESTUDIO DE LAS COMPLICACIONES TROMBÓTICAS.

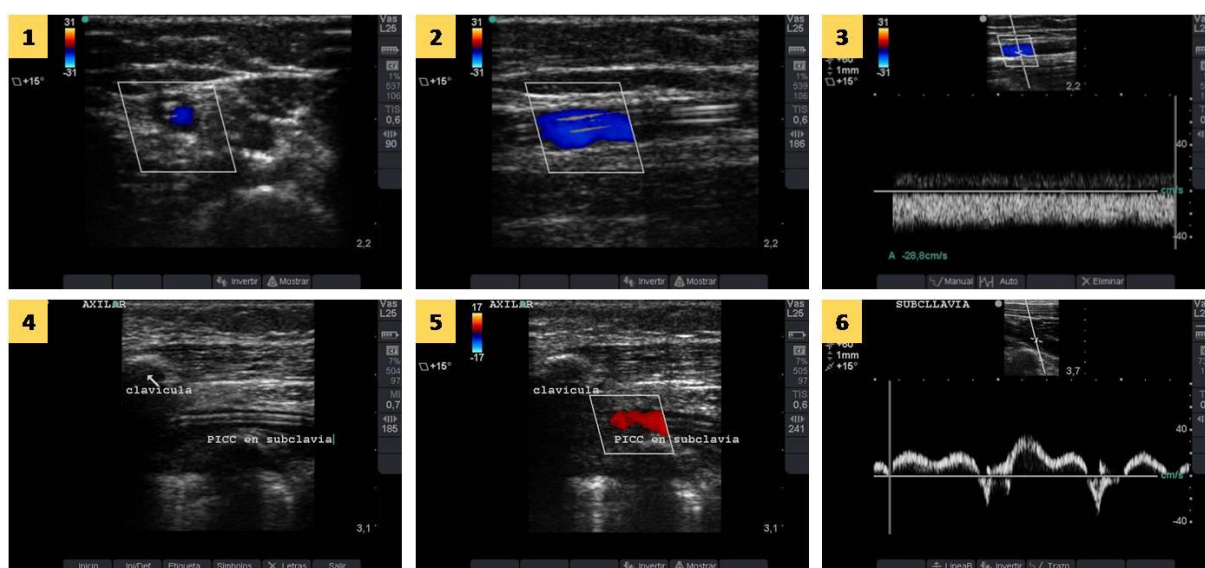
Durante el periodo de estudio, 88 (33,2%) de los 265 catéteres seguidos presentaron algún tipo de complicación trombótica (Tabla 25), 66 (24,9%) de las cuales fueron en forma de TVS aislada, 15 (5,7%) en forma de TVP asociada a TVS, y 7 (2,6%) en forma de TVP aislada (Figuras 68 y 69). Las densidades de incidencia de los tres tipos de trombosis venosa fueron 9,03, 6,78 y 1,54 por 1000 días de catéter, respectivamente.

Tabla 26. Distribución de los casos de trombosis venosa relacionada con el PICC detectados en el estudio.

		TVP		
		No	Sí	
TVS	No	177	7	184
	Sí	66	15	81
		243	22	265

En toda la cohorte se diagnosticaron 22 (8,3%) casos de TVP, de las cuales, 15 (68,2% de todas las TVP) se presentaron como TVP asociada a TVS en la vena canalizada, y 7 (31,8% de todas las TVP) como TVP aislada.

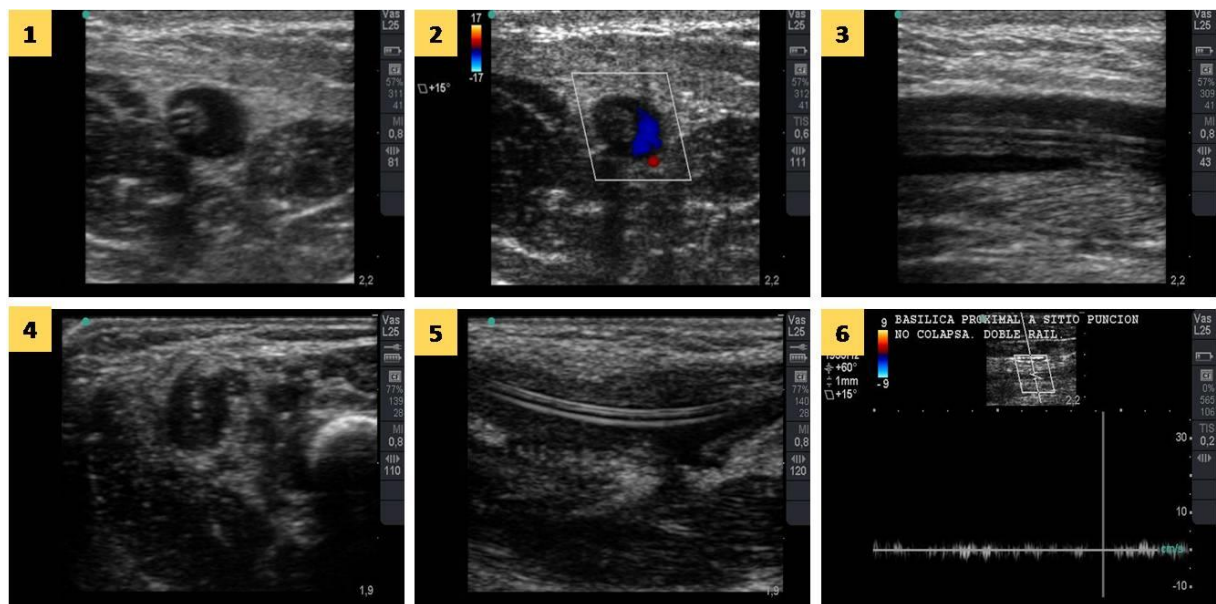
Figura 68. Exploraciones ecográficas de venas libres de trombos.



1. Exploración transversal en modo 2D+doppler color de una vena basilíca; 2. Exploración longitudinal en modo 2D+doppler color de una vena basilíca; 3. Doppler pulsado de una vena basilíca con flujo venoso presente; 4. Exploración longitudinal de una vena axilar-subclavia libre de trombos; 5. Exploración longitudinal de una vena axilar-subclavia en modo doppler color; 6. Doppler pulsado de una vena subclavia con flujo venoso presente.

Por tanto, la mayoría de las TVS se presentaron de manera aislada (66 de 81; 81,5%), mientras que la mayoría de las TVP se presentaron en combinación con trombosis de la vena superficial canalizada (15 de 22; 68,2%). En 11 (73,3%) de los 15 casos de trombosis venosa combinada, la TVS precedió a la TVP, siendo 13 días (RIC 3-24) la mediana de progresión entre ambas.

Figura 69. Exploraciones ecográficas de venas con trombosis relacionada con el PICC.



1. Exploración transversal en modo 2D de una vena basilica con una trombosis parcial; 2. Exploración transversal en modo 2D + doppler color de una vena basilica con una trombosis parcial; 3. Exploración longitudinal en modo 2D de una vena basilica con una trombosis parcial; 4. Exploración transversal en modo 2D de una vena basilica con una trombosis parcial; 5. Exploración longitudinal de una vena subclavia en modo 2D con un trombosis completa; 6. Doppler pulsado de una vena basilica trombosada con ausencia de flujo venoso.

La distribución de las variables del estudio en función de la ausencia o la presencia de trombosis superficial (aislada) o profunda (combinada y aislada agrupadas), se muestra en la Tabla 26.

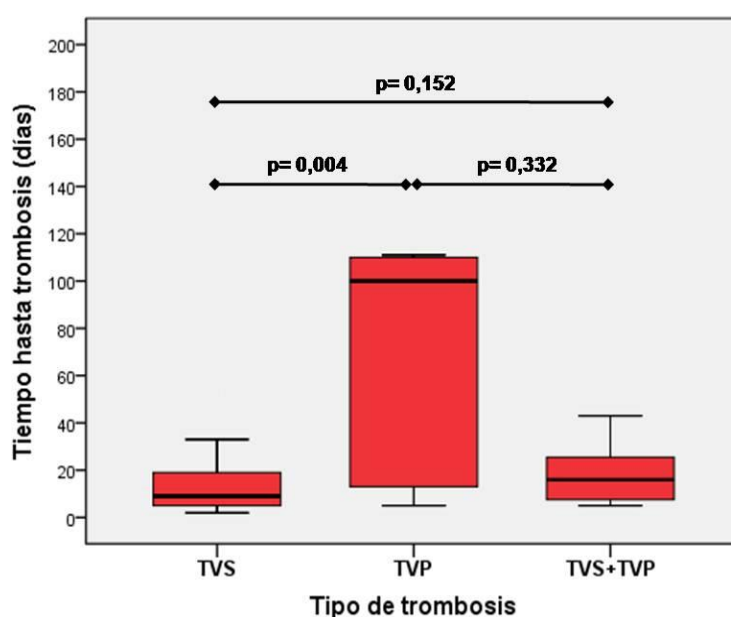
Tabla 27. Distribución de las variables del estudio en función de la ausencia o de la presencia de trombosis relacionada con el PICC.

Variables	Total n=265	No trombosis n=177	TVS n= 66	TVP n= 22
Demográficas				
Edad (años) †	6,5 (2,4-13)	7,9 (3-13,6)	3,5 (1,4-7,8)	3 (1,6-6,7)
Peso (Kg) †	20 (11-38)	26 (13-40)	14 (9-25)	13 (9-19)
Sexo masculino	143 (54,0)	101 (57,1)	31 (47,0)	11 (50,0)
Clínicas ‡				
Enfermedad crónica	180 (67,9)	118 (66,7)	47 (71,2)	15 (68,2)
Inmunodeprimido	150 (56,6)	104 (58,8)	32 (48,5)	14 (63,6)
Oncológico	66 (24,9)	47 (26,6)	14 (21,2)	5 (22,7)
Trasplante órgano sólido	72 (27,2)	51 (28,8)	13 (19,7)	8 (36,4)
Trasplante médula ósea	9 (3,4)	7 (4,0)	2 (3,0)	0
Enfermedad respiratoria	40 (15,1)	31 (17,5)	8 (12,1)	1 (4,5)
Enfermedad cardíaca	35 (13,2)	23 (13,0)	8 (12,1)	4 (18,2)
De exposición del PICC				
Intervención quirúrgica	36 (13,6)	27 (15,3)	6 (9,1)	3 (13,6)
Ingreso en UCI	122 (46,0)	86 (48,6)	27 (40,9)	9 (40,9)
Nutrición parenteral	122 (46,0)	82 (46,3)	28 (42,4)	12 (54,5)
Quimioterapia	72 (27,2)	50 (28,2)	17 (25,8)	5 (22,7)
Del procedimiento inserción				
Nº intentos: 1	129 (48,7)	98 (55,4)	23 (34,8)	8 (36,4)
2	65 (24,5)	39 (22,0)	19 (28,8)	7 (31,8)
3	39 (14,7)	22 (12,4)	11 (16,7)	6 (27,3)
≥ 4	32 (12,1)	18 (10,2)	13 (19,7)	1 (4,5)
Eco-vena: Longitudinal	188 (70,9)	129 (72,9)	45 (68,2)	14 (63,6)
Transversal	77 (29,1)	48 (27,1)	21 (31,8)	8 (36,4)
Eco-aguja: En plano	189 (71,3)	130 (73,4)	45 (68,2)	14 (63,6)
Fuera de plano	76 (28,7)	47 (26,6)	21 (31,8)	8 (36,4)
Tº canalización (minutos) †	4 (1-10)	3 (1-10)	5,5 (2-15,5)	5,5 (3-11)
Tº procedimiento (minutos) †	30 (20-40)	25 (20-40)	40 (24-46)	35 (25-40)
Vena: Basílica	237 (89,4)	157 (88,7)	60 (90,9)	20 (90,9)
Humeral	21 (7,9)	16 (9,0)	5 (7,6)	0
Cefálica	1 (0,4)	0	1 (1,5)	0
Axilar	6 (2,3)	4 (2,3)	0	2 (9,1)
Diámetro vena †	3,4 (2,8-4,2)	3,5 (3,0-4,3)	2,9 (2,5-3,5)	3,0 (2,7-3,7)
Ratio catéter-vena †	0,32 (0,29-0,36)	0,31 (0,28-0,35)	0,36 (0,32-0,42)	0,34 (0,31-0,37)
Brazo: Derecho	146 (55,1)	100 (56,5)	33 (50,0)	13 (59,1)
Izquierdo	119 (44,9)	77 (43,5)	33 (50,0)	9 (40,9)
Tipo PICC: Estándar	224 (84,5)	149 (84,2)	57 (86,4)	18 (81,8)
Alto flujo	41 (15,5)	28 (15,8)	9 (13,6)	4 (18,2)
Calibre (Fr): 3	175 (66)	106 (59,9)	51 (77,3)	18 (81,8)
4	88 (33,2)	69 (39,0)	15 (22,7)	4 (18,2)
5,5	2 (0,8)	2 (1,1)	0	0
Nº luces: 1	100 (37,7)	67 (37,9)	26 (39,4)	7 (31,8)
2	163 (61,5)	108 (61,0)	40 (60,0)	15 (68,2)
3	2 (0,8)	2 (1,1)	0	0
Local. punta: Óptima	90 (34,0)	66 (37,3)	22 (33,4)	2 (9,1)
Sub-óptima	120 (45,3)	77 (43,4)	29 (43,9)	14 (63,6)
Malposicionada	55 (20,7)	24 (13,3)	15 (22,7)	6 (27,3)
Local. brazo: Proximal	29 (11,2)	15 (8,7)	11 (17,2)	3 (14,3)
Medio	177 (68,6)	127 (73,4)	35 (54,7)	15 (71,4)
Distal	52 (20,2)	31 (17,9)	18 (28,1)	3 (14,3)
Fijación: Sin sutura	156 (58,9)	117 (66,1)	31 (47,0)	8 (36,4)
Con sutura	109 (41,1)	60 (33,9)	35 (53,0)	14 (63,6)
Del seguimiento				
Tiempo permanencia (días) †	21 (12-37)	21 (12-37)	19 (12-38)	31 (16-105)
Alta a domicilio	38 (14,3)	22 (12,4)	10 (15,2)	6 (27,3)
Motivo retirada: Fin tratamiento	185 (69,8)	130 (73,4)	44 (66,7)	11 (50,0)
Éxito	20 (7,5)	16 (9,0)	4 (6,1)	0
Complicación	60 (22,7)	31 (17,5)	18 (27,3)	11 (50,0)
Infección relacionada PICC	17 (6,4)	10 (5,6)	3 (4,5)	4 (18,2)
Contaminación	10 (3,8)	8 (80,0)	1 (1,5)	1 (4,5)
Infección sistémica	7 (2,6)	2 (20,0)	2 (3,0)	3 (13,6)
Malfunción relacionada PICC	101 (33,2)	58 (32,7)	30 (45,5)	13 (59,1)
Obstrucción parcial	61 (24,5)	36 (20,3)	17 (25,8)	8 (36,4)
Obstrucción completa	17 (6,4)	7 (4,0)	7 (10,6)	3 (13,6)
Salida	22 (1,9)	14 (7,9)	6 (9,1)	2 (9,1)
Rotura	1	1 (0,5)	0	0

Salvo que se indique lo contrario, los datos aquí reflejados hacen referencia al número de casos, con los porcentajes entre paréntesis. †Mediana y RIC (Rango Intercuartílico); TVS: trombosis venosa superficial; TVP: trombosis venosa profunda.

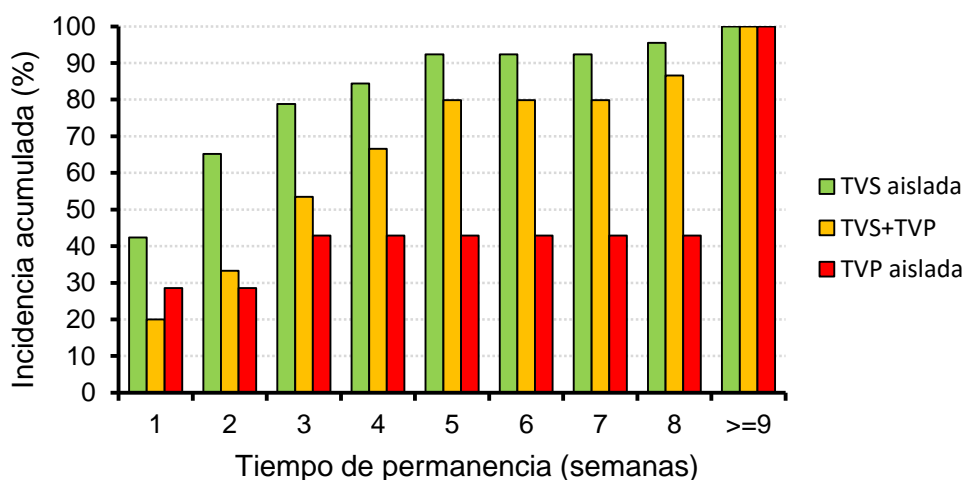
La mediana de tiempo entre la inserción y la detección de la trombosis fue de 10 días (RIC 6-20) para los casos de TVS aislada, de 22 (RIC 10-30) para los casos de TVP combinada con TVS, y de 100 días (RIC 13-110) para los casos de TVP aislada (Figura 70).

Figura 70. Box-plot con el tiempo desde la inserción hasta las complicaciones trombóticas. Comparativa por el método de Mann-Whitney.



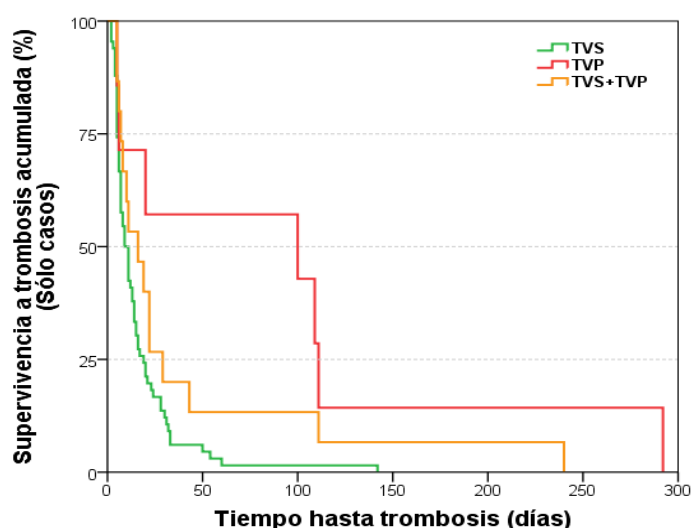
Como se muestra en la Figura 71, a los 7, 14, 21 y 28 días, la incidencia acumulada de TVS fue de 42,4%, 65,2%, 78,8% y 84,4%, la de TVP combinada con TVS fue de 33,3%, 53,5%, 66,6% y 79,9%, y la de TVP aislada fue de 28,6%, 28,6%, 42,9% y 42,9%, respectivamente.

Figura 71. Incidencia acumulada de las diferentes formas de trombosis relacionadas con los PICCs en función del tiempo de permanencia.



En la Figura 72 se representan las curvas de supervivencia de Kaplan-Meier para los casos de trombosis relacionada con los PICCs. Empleando el método de Log-Rank (Mantel-Cox) para la comparación de las curvas de supervivencia por parejas, se encontraron diferencias significativas ($p=0,004$) entre las medianas de tiempo a TVS aislada y a TVP aislada.

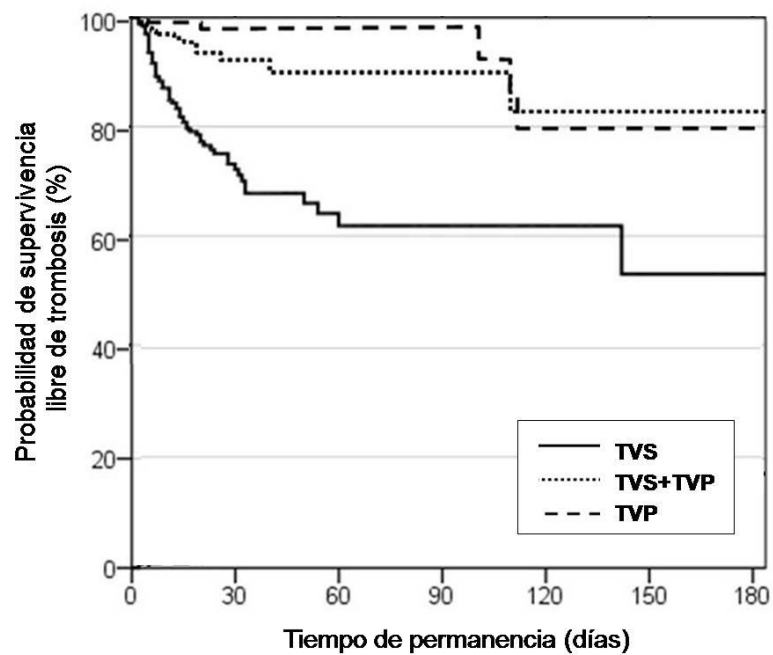
Figura 72. Curvas de supervivencia de Kaplan-Meier de los tres tipos de trombosis relacionadas con los PICCs y comparación de las mismas por parejas según el método Log-Rank (Mantel-Cox).



Log-Rank (Mantel-Cox)		TVS		TVS+TVP		TVP	
Tipo de trombosis		Chi ²	Sig.	Chi ²	Sig.	Chi ²	Sig.
TVS		-	-	2,78	0,095	8,31	0,004
TVS+TVP		2,78	0,095	-	-	1,69	0,194
TVP		8,31	0,004	1,69	0,194	-	-

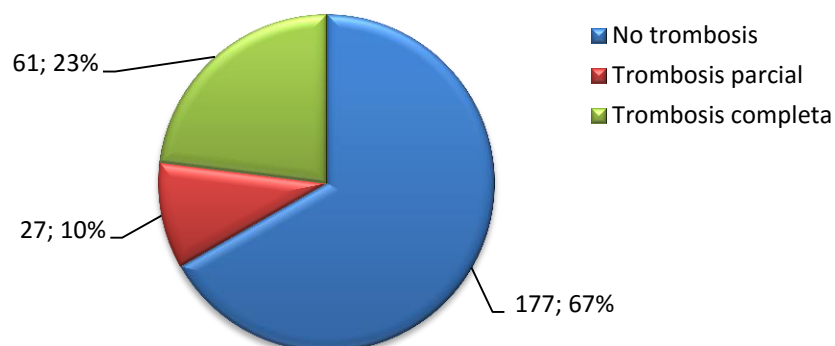
La Figura 73 muestra las curvas de probabilidad de supervivencia libre de los tres tipos de trombosis analizando toda la cohorte del estudio.

Figura 73. Curvas de Kaplan-Meier con la probabilidad de supervivencia libre de los tres tipos de trombosis en función del tiempo de permanencia del PICC.



En la exploración ecográfica de la extremidad canalizada tras la retirada del catéter (Figura 74), se encontró un sistema venoso libre de trombos en 177 (66,8%) casos, trombosis parcial en 27 (10,2%) y trombosis completa en 61 (23%). Atendiendo al tipo de trombosis encontrado, se encontró una trombosis completa del vaso afectado en el 68,2% de las TVS y en el 81,8% de las TVP.

Figura 74. Situación de las venas canalizadas en la exploración ecográfica realizada tras la retirada del PICC.



Sólo 7 (10,6%) casos de TVS aislada, 1 (6,7%) de TVP combinada con TVS y 3 (42,9%) de TVP aislada, mostraron síntomas en el momento del diagnóstico (Figuras 75 y 76). En los casos de TVS aislada sintomática, el dolor estuvo presente en el 85,7% de los casos y el edema de la extremidad en el 42,9%. Sin embargo, todos los casos de TVP sintomática presentaron dolor, pero sólo uno (14,3%) de ellos presentó edema de la extremidad.

Figura 75. Sintomatología de las trombosis venosas superficiales relacionadas con los PICCs.

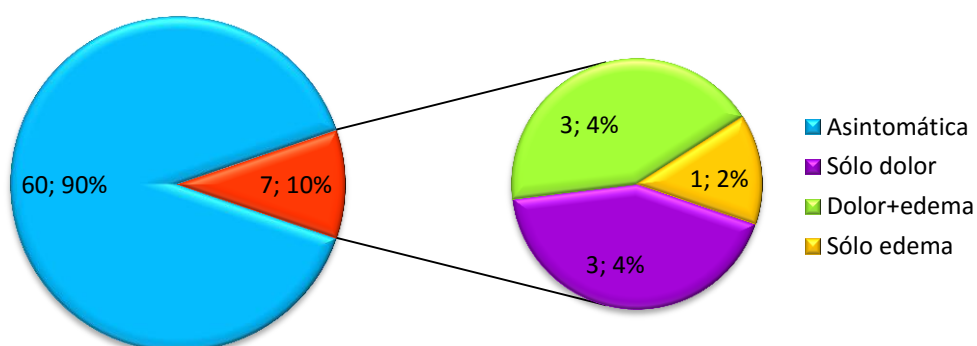
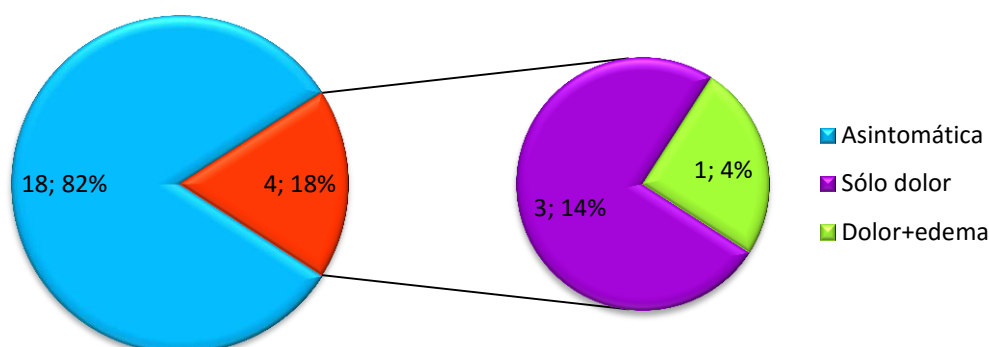


Figura 76. Sintomatología de las trombosis venosas profundas relacionadas con los PICCs.



Las Tablas 27 y 28 reflejan los resultados del análisis univariante y multivariante de regresión logística y de Cox, para la identificación de factores de riesgo de TVS y TVP relacionadas con el PICC.

En el análisis de regresión logística univariante se encontró que el riesgo de TVS aislada estaba significativamente incrementado en los pacientes con menor edad, peso y calibre de la vena canalizada, en los que el ratio catéter-vena era mayor, en los que fueron necesarios dos o más intentos hasta colocar exitosamente el PICC, en los que los tiempos de canalización y procedimiento fueron mayores, en los que la inserción del PICC se hizo en la región proximal o distal del brazo, y en los que se fijó con sutura (Tabla 27).

En el análisis multivariante de regresión logística y de Cox (Tabla 28), los tres factores de riesgo que se relacionaron de manera independiente con el desarrollo de TVS relacionada con PICC fueron el ratio catéter-vena aumentado [OR 1,15 (IC95% 1,08-1,23) $p < 0,001$]; HR 1,12 (IC95% 1,07-1,17) $p < 0,001$], la inserción del PICC en la región proximal del brazo [OR 2,72 (IC95% 1,04-7,03) $p = 0,041$] y el tiempo de procedimiento prolongado [OR 1,02 (IC95% 1,00-1,04) $p = 0,040$; HR 1,01 (IC95% 1,01-1,02) $p = 0,002$]. Por cada incremento de 0,1 del ratio catéter-vena, el riesgo de TVS se incrementa once veces.

Tabla 28. Análisis de regresión logística univariante para la identificación de factores de riesgo de TVS y TVP relacionadas con el PICC.

Variables	TVS (N=66)		TVP (N= 22)	
	OR (IC95%)*	p†	OR (IC95%)*	p†
Demográficas				
Edad (años)	0,99 (0,99-1,00)	0,001	0,99 (0,99-1,00)	0,081
Peso (Kg)	0,97 (0,95-0,99)	0,002	0,95 (0,91-0,98)	0,006
Sexo (Hombre Vs Mujer)	1,50 (0,85-2,65)	0,161	1,33 (0,55-3,23)	0,530
Clínicas				
Enfermedad crónica	1,24 (0,67-2,29)	0,501	1,07 (0,41-2,77)	0,887
Immunodeprimido	0,66 (0,37-2,17)	0,153	1,23 (0,49-3,08)	0,661
Oncológico	0,75 (0,39-1,47)	0,394	0,81 (0,28-2,33)	0,700
Trasplante órgano sólido	0,76 (0,15-3,75)	0,735	1,41 (0,56-3,57)	0,466
Trasplante médula ósea	0,61 (0,30-1,21)	0,154	-	-
Enfermedad respiratoria	0,65 (0,28-1,50)	0,311	0,22 (0,03-1,73)	0,152
Enfermedad cardíaca	0,92 (1,39-2,18)	0,856	1,49 (0,46-4,79)	0,505
De exposición del PICC				
Intervención quirúrgica	0,56 (0,22-1,41)	0,217	0,88 (0,24-3,17)	0,842
Ingreso en CIP	0,73 (0,41-1,30)	0,287	0,73 (0,30-1,80)	0,498
Nutrición parenteral	0,85 (0,48-1,51)	0,587	1,39 (0,57-3,38)	0,468
Quimioterapia	0,88 (0,46-1,67)	0,699	0,75 (0,26-2,13)	0,586
Del procedimiento de inserción				
Nº intentos		0,004		0,143
1	Referencia		Referencia	
2	2,08 (1,02-4,23)	0,044	2,20 (0,75-6,48)	0,153
3	2,13 (1,07-5,01)	0,043	3,34 (0,95-10,61)	0,081
≥4	3,08 (1,32-7,17)	0,009	0,68 (0,08-5,78)	0,724
Eco-vena (transversal Vs longitudinal)	1,25 (0,68-2,32)	0,470	1,25 (0,68-2,32)	0,470
Eco-aguja (fuera plano Vs en plano)	1,29 (0,70-2,39)	0,417	1,29 (0,70-2,39)	0,417
Tº de canalización (min)	1,02 (1,01-1,04)	0,013	1,01 (0,97-1,04)	0,666
Tº de procedimiento (min)	1,03 (1,01-1,05)	0,001	1,02 (0,99-1,05)	0,261
Vena (basílica Vs otras)		0,998		0,259
Diámetro de la vena	0,33 (0,21-0,51)	< 0,001	0,33 (0,16-0,67)	0,002
Ratio catéter-vena	1,18 (1,12-1,24)	< 0,001	1,16 (1,06-1,26)	0,001
Brazo (izquierdo Vs derecho)	1,30 (0,74-2,29)	0,366	0,90 (0,37-2,21)	0,817
Tipo PICC (Alto flujo Vs estándar)	0,84 (0,37-1,89)	0,674	1,18 (0,37-3,76)	0,776
Calibre (Fr) (3 Vs 4 Vs 5,5)		0,059		0,287
Nº lúces (1 Vs 2 Vs 3)		0,522		0,688
Loc. punta (Óptima Vs No-óptima)	1,18 (0,66-2,16)	0,569	5,94 (1,35-26,3)	0,019
Loc. brazo		0,022		0,680
Medio	Referencia		Referencia	-
Proximal	2,66 (1,12-6,31)	0,026	1,69 (0,44-6,53)	0,445
Distal	2,10 (1,06-4,20)	0,035	0,82 (0,22-3,01)	0,764
Fijación (sutura Vs no sutura)	2,20 (1,24-3,91)	0,007	3,41 (1,36-8,59)	0,009
Del seguimiento				
Tiempo permanencia PICC	1 (0,99-1,01)	0,584	1,01 (1,00-1,01)	0,009
Alta a domicilio	1,26 (0,56-2,82)	0,577	2,64 (0,94-7,47)	0,067
C. infecciosa: Total	0,80 (0,21-2,99)	0,734	3,71 (1,06-13,05)	0,041
Contaminación	0,33 (0,04-2,70)	0,302	1,16 (0,14-9,81)	0,892
Infección sistémica	2,65 (0,37-19,22)	0,335	13,92 (2,18-88,87)	0,005
C. mecánica: Total	1,84 (1,03-3,28)	0,039	3,28 (1,29-8,35)	0,013
Obstrucción	1,90 (1,04-3,48)	0,037	3,12 (1,26-7,69)	0,014
Salida	1,16 (0,43-3,17)	0,766	1,16 (0,25-5,50)	0,848
TVS relacionada PICC	NA		5,75 (2,24-14,72)	<0,001

*Los casos de TVS aislada relacionada con PICC se compararon con los casos libres de trombosis. †Los casos de TVP (agrupando las aisladas y las combinadas con TVS) se compararon con los casos libres de trombosis.

‡Significativo con $p < 0,05$. OR: Odds ratio; IC: intervalo de confianza; NA: no aplicable. UCI: unidad de cuidados intensivos; TVS: trombosis venosa superficial; TVP: trombosis venosa profunda; Loc.: localización.

Tabla 29. Análisis multivariante de regresión logística y de Cox para la TVS y TVP asociada a PICC.

TVS	Regresión logística		Cox proportional hazards	
	OR (IC95%)*	p [‡]	HR (95%CI)	p [‡]
Ratio catéter-vena	1,15 (1,08-1,23)	<0,001	1,12 (1,07-1,17)	<0,001
Tiempo de procedimiento	1,02 (1,00-1,04)	0,040	1,01 (1,01-1,02)	0,002
Localización en brazo		0,049		0,160
Medio	Referencia	-	Referencia	-
Proximal	2,72 (1,04-7,03)	0,041	1,75 (0,81-3,77)	0,157
Distal	1,85 (0,79-3,98)	0,171	1,63 (0,89-2,97)	0,111

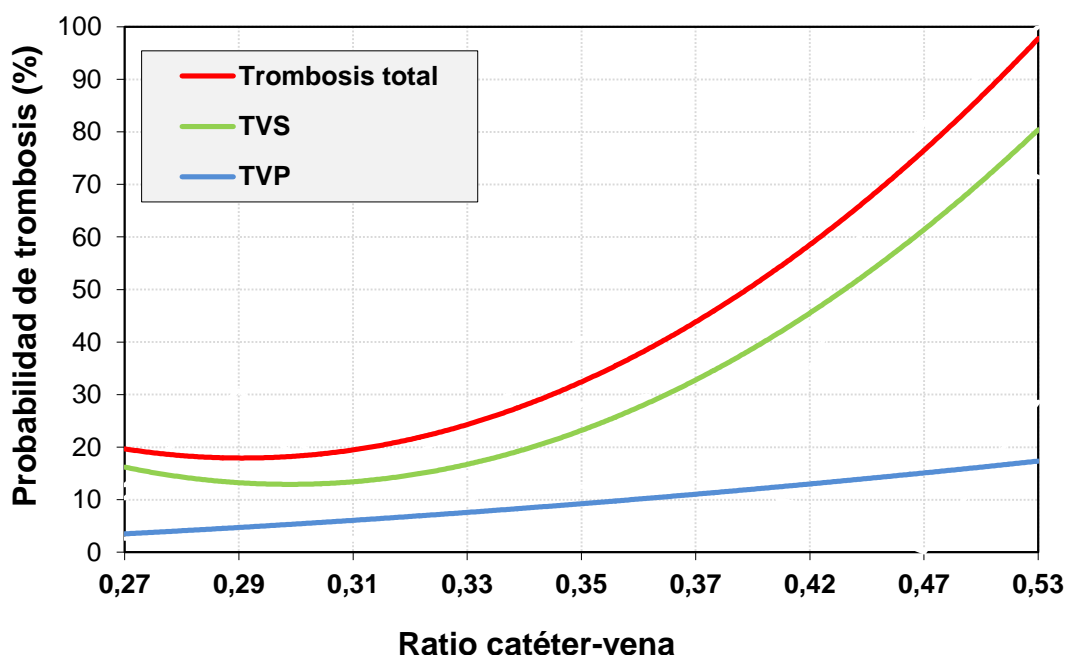
TVP	Regresión logística		Cox proportional hazards	
	OR (IC95%) [†]	p [‡]	HR (95%CI)	p [‡]
TVS (vena canalizada)	7,01 (2,47-19,89)	<0,001	8,67 (3,34-22,56)	<0,001
Tiempo permanencia	1,01 (1,00-1,01)	0,009	-	-
Posición no óptima punta	4,91(1,08-22,27)	0,039	5,18 (1,21-22,25)	0,027

Análisis multivariante ajustado para edad, peso y sexo. *Puntuación en el test de Hosmer-Lemeshow = 0,870. [†]Puntuación en el test de Hosmer-Lemeshow = 0,945. [‡]Significativo con p<0,05. OR: Odds ratio; HR: Hazard ratio; IC: intervalo de confianza; TVS: trombosis venosa superficial; TVP: trombosis venosa profunda.

Por otro lado, en el análisis de regresión logística univariante se encontró que el riesgo de TVP estaba significativamente incrementado en los pacientes con menor peso y calibre de la vena canalizada, en los que el ratio catéter-vena era mayor, en los que la posición de la punta del PICC no era óptima, en los que el tiempo de permanencia era prolongado y en los que presentaron TVS, infección y malfunción relacionada con el PICC (Tabla 27). En el análisis multivariante de regresión logística y de Cox (Tabla 28), los tres factores de riesgo que se relacionaron de manera independiente con el desarrollo de TVP relacionada con PICC fueron la presencia de TVS en la vena canalizada [OR 7,01 (IC95% 2,47-19,89) p<0,001; HR 8,67 (IC95% 3,34-22,56) p<0,001], la posición no óptima de la punta del PICC [OR 4,91 (IC95% 1,08-22,27) p=0,039; HR 5,18 (IC95% 1,21-22,25) p=0,027] y el tiempo de permanencia prolongado [OR 1,01 (IC95% 1,00-1,01) p=0,009].

Por tanto, el ratio catéter-vena se identificó como el factor de riesgo más robusto de TVS relacionada con el PICC en el análisis multivariante, pero también como factor de riesgo de TVP en el análisis univariante. La Figura 77 muestra las curvas de regresión polinómicas de la probabilidad de desarrollar cualquier tipo de trombosis, trombosis superficial o trombosis profunda relacionadas con el PICC, en función del ratio catéter-vena.

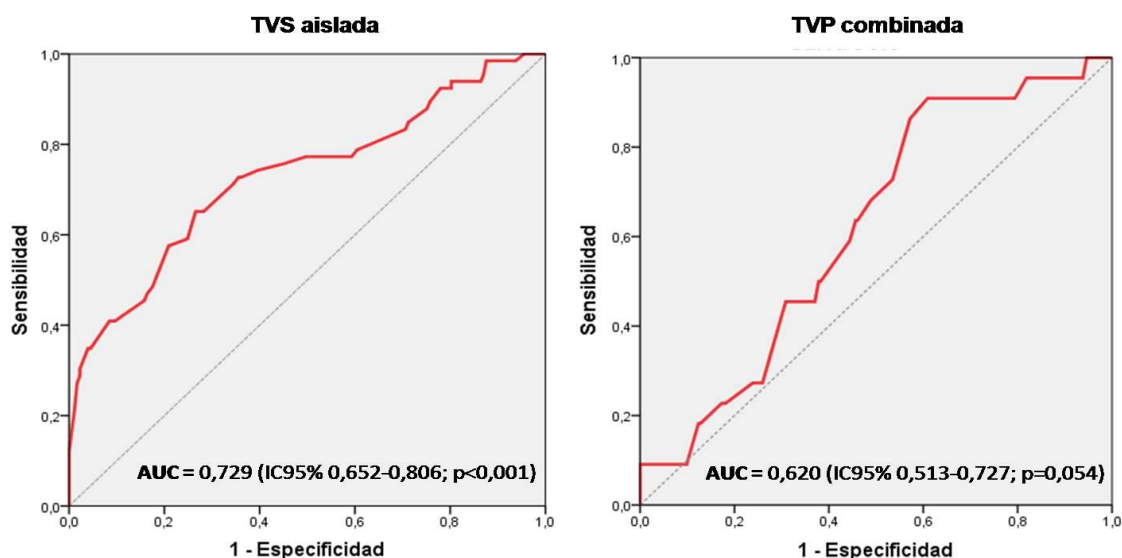
Figura 77. Curvas de regresión polinómica para la tasa de trombosis total, TVS aislada y TVP (aislada y combinada) en función del ratio catéter-vena.



Trombosis relacionada con PICC (total): $Y = 1.205x^2 - 4.589x + 23.09$ ($R^2 = 0.899$; $p < 0.001$);
 TVS relacionada con PICC: $Y = 1.171x^2 - 5.616x + 20.30$ ($R^2 = 0.845$; $p = 0.003$);
 TVP relacionada con PICC: $Y = 0.190x^2 + 0.173x + 3.519$; ($R^2 = 0.652$; $p = 0.016$).
 TVS: trombosis venosa superficial; TVP: trombosis venosa profunda.

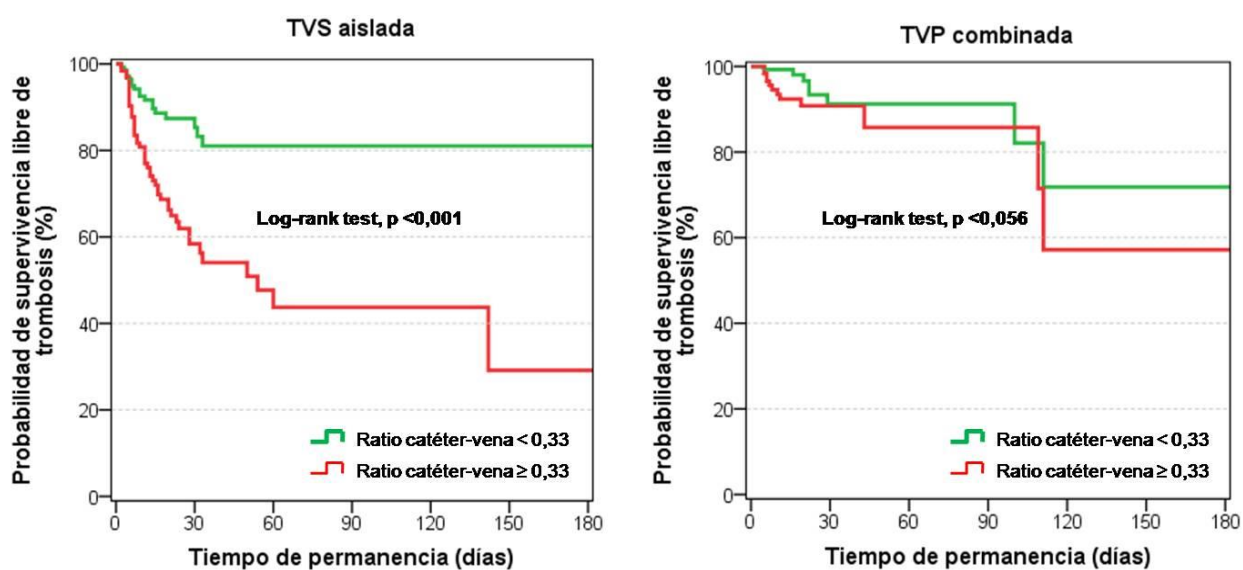
La Figura 78 muestra las curvas ROC del ratio catéter-vena con respecto a la TVS aislada (AUC 0,729; IC95% 0,652-0,806; $p < 0,001$) y TVP combinada (0,620; IC95% 0,513-0,727; $p = 0,054$) relacionadas con el PICC. A partir de este análisis se identificó que un valor del ratio catéter-vena de 0,33 predecía la TVS aislada con una sensibilidad de 71,2% y una especificidad del 72,3%. Cuando el ratio catéter-vena fue $< 0,33$, el 87,7% de los pacientes del estudio no presentaron TVS aislada (valor predictivo negativo), mientras que cuando fue $\geq 0,33$ el 49,5% de los pacientes sí la presentaron (valor predictivo positivo). Con este mismo valor, la sensibilidad y la especificidad para la TVP combinada fueron 63,6% y 54,3%, respectivamente. Cuando el ratio catéter-vena fue $< 0,33$, el 94,3% de los pacientes del estudio no presentaron TVP combinada (valor predictivo negativo), mientras que cuando fue $\geq 0,33$ el 11,2% de los pacientes sí la presentaron (valor predictivo positivo).

Figura 78. Análisis de curva ROC en el que se representa la sensibilidad y la especificidad de los diferentes valores del ratio catéter-vena para la predicción de TVS (aislada) y de TVP (aislada y asociada a TVS) relacionadas con el PICC.



La Figura 79 representa las curvas de supervivencia acumulada libre de trombosis para la TVS aislada y la TVP combinada relacionadas con el PICC, en función del ratio catéter-vena $< 0,33$ o $\geq 0,33$. La comparación de ambas curvas demostró que la supervivencia libre de TVS aislada fue significativamente mayor cuando el ratio catéter-vena fue $< 0,33$ ($p < 0,001$). En el caso de la TVP combinada, la comparación de ambas curvas rozó la significación ($p = 0,054$).

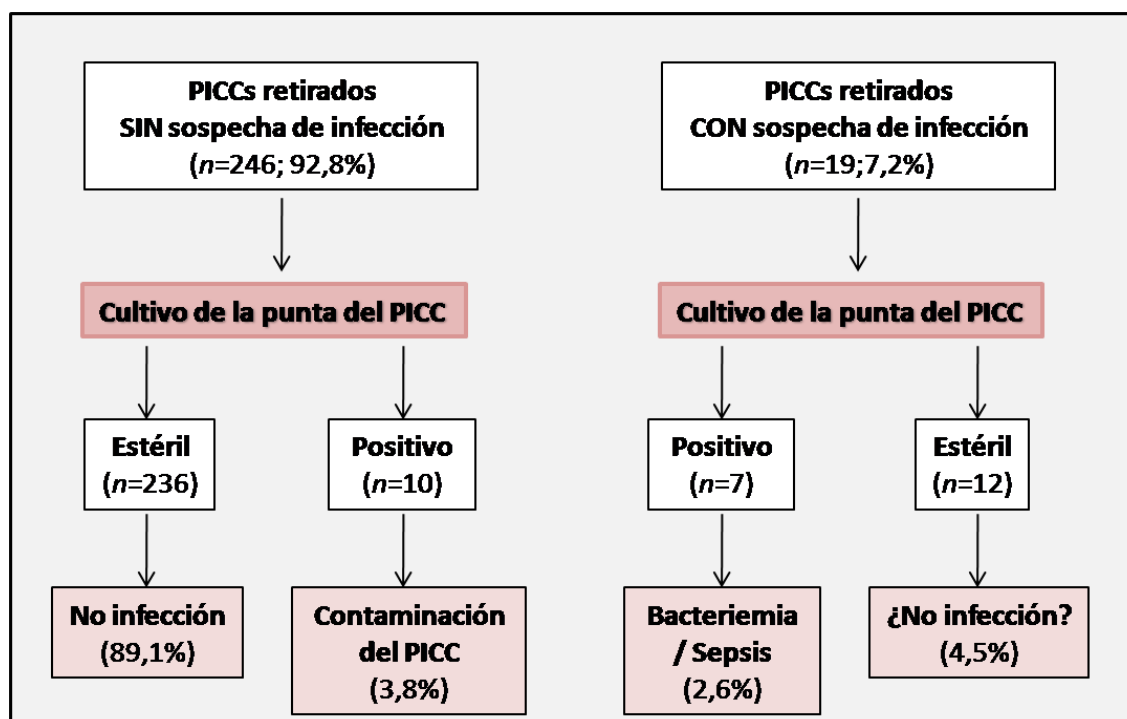
Figura 79. Curvas de Kaplan-Meier con la supervivencia acumulada libre de TVS aislada y de TVP combinada relacionadas con el PICC, en función del ratio catéter-vena $< 0,33$ o $\geq 0,33$.



VI. ESTUDIO DE LAS COMPLICACIONES INFECCIOSAS.

En el periodo de estudio, 60 (22,6%) PICCs fueron retirados por la aparición de complicaciones relacionadas con su presencia (Figura 57). En 19 de los 60 catéteres retirados (31,5%) se sospechó la presencia de una infección relacionada con el PICC, suponiendo la complicación más frecuente que motivó su retirada (Figura 80). La mediana de tiempo a la que se produjo la retirada del PICC por esta sospecha fue de 28 días (RIC 25-93). En todos los casos, la sospecha de infección relacionada con el PICC se estableció por la presencia de datos clínicos (fiebre sin otro foco que la explique) y analíticos (elevación de leucocitos y/o reactantes de fase aguda). Sin embargo, sólo en 7 (36,8%) de los 19 catéteres retirados por sospecha de infección, el cultivo de la punta del catéter fue positiva, confirmándose así la infección sistémica relacionada con PICC (tasa de incidencia 0,71 por 1000 días de catéter). Por otro lado, en 10 pacientes en los que se había retirado el PICC sin sospecha de infección (afebriles y sin elevación de reactantes), presentaron cultivo positivo de la punta del catéter, confirmándose así la contaminación del PICC (tasa de incidencia 1,03 por 1000 días de catéter).

Figura 80. Esquema de las complicaciones infecciosas relacionadas con el PICC detectadas en el estudio.



La mediana de tiempo hasta la retirada en los casos de infección sistémica fue de 85 (RIC 26-145) días y en los casos de contaminación de 24 (RIC 10-70) días (Figura 81). Por tanto, en el estudio se confirmaron un total de 17 complicaciones infecciosas relacionadas con el PICC (tasa de incidencia 1,74 por 100 días de catéter).

Tabla 30. Gérmenes causantes de las complicaciones infecciosas relacionadas con los PICCs encontradas en el estudio.

Infección sistémica	n	Contaminación catéter	n
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	3	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	9
<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1
<i>Staphylococcus aureus</i>	1		
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	1		
<i>Candida parapsilosis</i>	1		

El *Staphylococcus epidermidis* fue en causante de la mayoría de las complicaciones infecciosas (70,6%), especialmente de las contaminaciones (Tabla 29). Las 7 infecciones sistémicas relacionadas con el PICC se controlaron con la retirada del catéter y con la administración intravenosa de antibióticos, sin precipitar complicaciones graves ni la muerte de ningún paciente.

Figura 81. Box-plot con el tiempo desde la inserción hasta las complicaciones infecciosas. Comparativa por el método de Mann-Whitney.

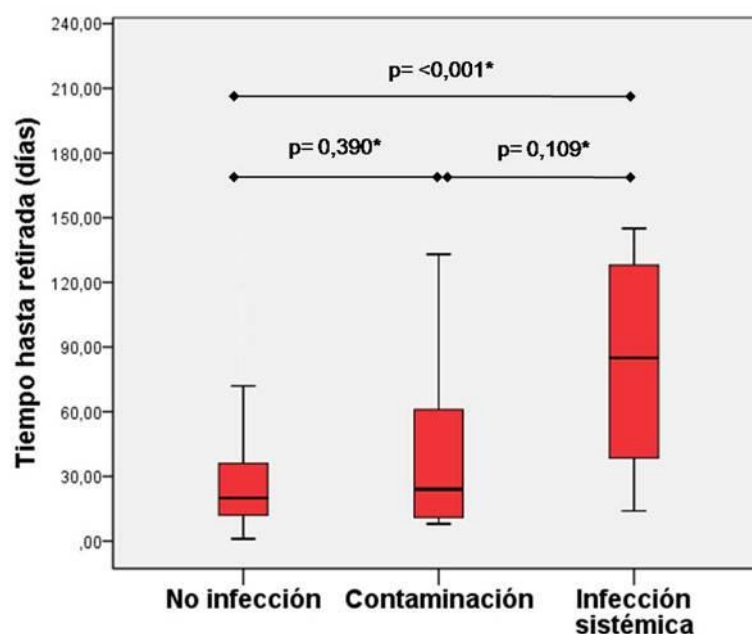


Tabla 31. Análisis de regresión logística univariante para la identificación de factores de riesgo de infección relacionada con el PICC.

Variables	No infección n=248	Infección n=17	OR (IC95%)	p
Demográficas				
Edad (años) †	83 (30-156)	18 (10-141)	0,99 (0,99-1,00)	0,261
Peso (Kg) †	21 (12-38)	10 (7-35)	0,96 (0,93-1,00)	0,096
Sexo			Mujeres Vs Varones	0,556
varones	135 (54,4)	8 (47,1)		
mujeres	113 (45,6)	9 (52,9)	1,34 (0,50-3,60)	
Clínicas				
Enfermedad crónica	166 (66,9)	14 (82,4)	2,31 (0,64-8,25)	0,199
Inmunodeprimido	140 (56,5)	10 (58,8)	1,10 (0,41-3,00)	0,849
Oncológico	63 (25,4)	3 (17,6)	0,63 (0,18-2,26)	0,478
Trasplante órgano sólido	65 (26,2)	7 (41,2)	1,97 (0,72-5,39)	0,186
Trasplante médula ósea	9 (3,6)	0 (0)	-	-
Enfermedad respiratoria	33 (13,3)	3 (17,6)	1,22 (0,34-4,46)	0,762
Enfermedad cardíaca	33 (13,3)	2 (11,8)	0,87 (0,19-3,97)	0,856
De exposición del PICC				
Intervención quirúrgica	36 (14,5)	0 (0)	-	-
Ingreso en UCI	113 (45,6)	9 (52,9)	1,34 (0,50-3,60)	0,556
Nutrición parenteral	112 (45,2)	10 (58,8)	1,74 (0,64-4,71)	0,279
Quimioterapia	69 (27,8)	3 (17,6)	0,56 (0,16-1,99)	0,368
Del procedimiento inserción				
Nº intentos:			Referencia	
1	119 (48)	10 (58,8)		
2	61 (24,6)	4 (23,5)	0,78 (0,24-2,60)	0,685
3	38 (15,3)	1 (5,9)	0,31 (0,04-2,53)	0,276
≥ 4	30 (12,1)	2 (11,8)	0,79 (0,17-3,81)	0,773
Eco-vena:			Transvers Vs Longitud	0,099
Longitudinal	179 (72,2)	9 (52,9)		
Transversal	69 (27,8)	8 (47,1)	2,31 (0,86-6,22)	
Eco-aguja:			Fuera plano Vs En plano	0,091
En plano	180 (72,6)	9 (52,9)		
Fuera de plano	68 (27,4)	8 (47,1)	2,35 (0,87-6,35)	
Tº canalización (minutos) †	4 (1-10)	4 (1-10)	1,00 (0,97-1,04)	0,816
Tº procedimiento (minutos) †	30 (20-40)	35 (20-43)	0,62 (0,98-1,03)	0,619
Vena:			Basílica Vs resto	0,998
Basílica	220 (88,7)	17 (100)		
Humeral	21 (8,5)	0 (0)		
Cefálica	1 (0,4)	0 (0)		
Axilar	6 (2,3)	0 (0)		
Diámetro vena †	3,4 (2,8-4,2)	2,9 (2,4-3,8)	0,54 (0,27-1,05)	0,068
Ratio catéter-vena †	0,32 (0,29-0,36)	0,34 (0,30-0,42)	1,09 (1,01-1,18)	0,023
Brazo			Izqda Vs Dcha	0,854
Derecho	137 (55,2)	9 (52,9)		
Izquierdo	111 (44,8)	8 (47,1)	1,1 (0,41-2,93)	
Tipo PICC:			Alto flujo Vs Estándar	0,664
Estándar	209 (84,3)	15 (88,2)		
Alto flujo	39 (15,7)	2 (11,8)	0,72 (0,16-3,25)	
Calibre (Fr):				0,459
3	162 (65,3)	13 (76,5)		
4	84 (33,9)	4 (23,5)		
5,5	2 (0,8)	0 (0)		
Nº lúces:				0,838
1	96 (38,7)	4 (23,5)		
2	150 (60,5)	13 (76,5)		
3	2 (0,8)	0 (0)		
Local. punta:			No óptima Vs Óptima	0,064
Óptima	88 (35,5)	2 (11,8)		
No óptima	160 (64,5)	15 (88,2)	4,13 (0,92-18,45)	
Local. brazo:			Referencia	
Proximal	26 (10,8)	3 (17,6)		
Medio	163 (67,6)	14 (82,4)	1,34 (0,36-5,00)	0,660
Distal	52 (21,6)	0 (0)	-	-
Fijación			Sutura Vs No sutura	0,049
Sin sutura	150 (60,5)	6 (35,3)		
Con sutura	98 (39,5)	11 (64,7)	2,81 (1,01-7,86)	
Del seguimiento				
Tiempo permanencia (días) †	20 (12-36)	51 (17-104)	1,01 (1,00-1,01)	0,039
Alta a domicilio	32 (12,9)	6 (35,3)	2,92 (0,96-8,84)	0,059
Motivo retirada:			Complicación Vs otras	0,067
Fin tratamiento	175 (70,6)	10 (58,8)		
Éxito	20 (8,1)	0 (0)		
Complicación	53 (21,4)	7 (41,2)		
C. mecánica:				0,154
Total	78 (31,5)	9 (52,9)	2,10 (0,76-5,83)	
Obstrucción	15 (6,0)	2 (11,8)	1,71 (0,63-4,67)	0,294
Salida	15 (6,0)	2 (11,8)	1,52 (0,32-7,12)	0,595
C. trombótica:				0,473
Total	81 (32,7)	7 (41,2)	1,44 (0,53-3,93)	
TVS aislada	63 (25,4)	3 (17,6)	0,79 (0,21-2,98)	0,734
TVP combinada	18 (7,3)	4 (23,5)	3,71 (1,06-13,05)	0,041

Salvo que se indique de otra forma, los datos se presentan como número de pacientes, con sus porcentajes entre paréntesis; † Mediana y rango intercuartílico.

En la Tabla 30 se muestra el análisis de regresión logística univariante para la identificación de factores de riesgo de complicaciones infecciosas relacionadas con los PICC. Los factores que se asociaron a mayor riesgo de infección fueron el tiempo de permanencia prolongado (OR 1,01; IC95% 1,00-1,01; $p=0,039$), el ratio catéter-vena elevado (OR; IC95% 1,01-1,18; $p=0,023$), la fijación con sutura (OR 2,81; IC95% 1,01-7,86; $p=0,023$) y la presencia de TVP relacionada con el PICC (OR 3,71; IC95% 1,06-13,05).

No obstante, como muestra la Tabla 31, el único factor independientemente relacionado con la infección del PICC en el análisis multivariante de regresión logística [OR 1,14 (IC95% 1,03-1,26); $p=0,015$] y de Cox [HR 1,10 (IC95% 1,01-1,19); $p=0,038$] fue el ratio catéter-vena, quedando cerca de alcanzar significación en el análisis de regresión logística la punta del PICC mal posicionada y el alta a domicilio portando el catéter.

Tabla 32. Análisis de regresión logística multivariante para la identificación de factores de riesgo de infección relacionada con el PICC.

Complicación infecciosa	Regresión logística		Cox proportional hazards	
	OR (IC95%)*	p^{\dagger}	HR (95%CI)	p^{\dagger}
Ratio catéter-vena	1,14 (1,03-1,26)	0,015	1,10 (1,01-1,19)	0,038
Punta no optima	7,11 (0,88-57,22)	0,065	-	0,113
Alta a domicilio	3,66 (0,84-15,95)	0,085	-	0,075

Análisis multivariante, ajustado para edad, peso y sexo. *Hosmer-Lemeshow test score = 0,731. † Significativo at $p<0,05$.

VII. ESTUDIO DE LAS COMPLICACIONES MECÁNICAS.

Las complicaciones mecánicas fueron las más frecuentemente relacionadas con la permanencia de los PICCs, afectando a 101 (38,1%) pacientes (densidad de incidencia 10,36 casos por 1000 días de catéter). De todas ellas, la más frecuente fue la obstrucción (29,4% de los pacientes), seguida por la salida (8,3% de los pacientes) del PICC, siendo las densidades de incidencia de 8 y 2,26 por 1000 días de catéter, respectivamente (Figura 82 y Tabla 32). La mediana de tiempo hasta la aparición de la complicación mecánica fue de 16 días (RIC 8-26).

Figura 82. Complicaciones mecánicas relacionadas con los PICCs.

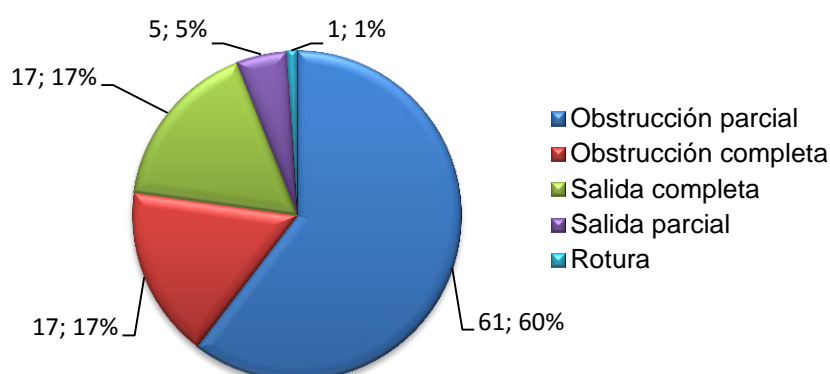


Tabla 33. Tasa y densidad de incidencia de las complicaciones mecánicas relacionadas con los PICCs.

Complicaciones mecánicas	N	%	Tasa de incidencia (por 1000 días de catéter)
Obstrucción parcial	61	23,0	6,26
Obstrucción completa	17	6,4	1,74
Salida completa	17	6,4	1,74
Salida parcial	5	1,9	0,52
Rotura	1	0,4	0,10
TOTAL	101	38,1	10,36

Las complicaciones mecánicas motivaron la retirada del catéter en 32 (53,3%) de los 60 pacientes en los que el PICC se retiró por complicación, siendo su densidad de incidencia de 3,28 por 1000 días de catéter. En 17 pacientes el motivo de la retirada fue la salida accidental (densidad de incidencia 1,74 por 1000 días de catéter) y en 15 la obstrucción completa del catéter (densidad de incidencia 1,54 por 1000 días de catéter), ocurriendo ambas tras una mediana de tiempo desde la inserción del PICC de 18 días (RIC 11-32) y de 48 días (RIC 23-82), respectivamente.

Tabla 34. Análisis de regresión logística univariante para la detección de factores de riesgo de obstrucción del PICC.

Variables	No obstrucción n=187	Obstrucción n=78	OR (IC95%)	p
Demográficas				
Edad (años) †	83 (30-156)	18 (10-141)	0,98 (0,97-0,99)	0,097
Peso (Kg) †	22 (12-40)	16 (10-33)	0,93 (0,88-0,98)	0,096
Sexo			Mujeres Vs Varones	0,768
varones	102 (54,5)	41 (52,6)		
mujeres	85 (45,5)	37 (47,4)	1,08 (0,64-1,84)	
Clínicas				
Enfermedad crónica	115 (61,5)	65 (83,3)	3,13 (1,61-6,08)	0,001
Inmunodeprimido	106 (56,7)	44 (56,4)	0,99 (0,58-1,69)	0,969
Oncológico	56 (29,9)	10 (12,8)	0,34 (0,17-0,72)	0,004
Trasplante órgano sólido	43 (23,0)	29 (37,2)	1,98 (1,12-3,51)	0,019
Trasplante médula ósea	8 (4,3)	1 (1,3)	0,29 (0,04-2,36)	0,248
Enfermedad respiratoria	30 (16,0)	10 (12,8)	0,77 (0,35-1,66)	0,770
Enfermedad cardíaca	20 (10,7)	15 (19,2)	1,99 (0,96-4,12)	0,065
De exposición del PICC				
Intervención quirúrgica	24 (12,8)	12 (15,4)	1,56 (0,92-2,65)	0,101
Ingreso en UCI	80 (42,8)	42 (53,8)	1,24 (0,58-2,61)	0,581
Nutrición parenteral	79 (42,2)	43 (55,1)	1,68 (0,99-2,86)	0,056
Quimioterapia	57 (30,5)	15 (19,2)	0,54 (0,29-1,03)	0,063
Del procedimiento inserción				
Nº intentos:				0,621
1	93 (49,7)	36 (46,2)		
2	47 (25,1)	18 (23,1)		
3	24 (12,8)	15 (19,2)		
≥ 4	23 (12,3)	9 (11,5)		
Eco-vena:			Transvers Vs Longitud	0,692
Longitudinal	134 (71,7)	54 (69,2)		
Transversal	53 (28,3)	24 (30,8)	1,12 (0,63-2,00)	
Eco-aguja:			Fuera de plano Vs En plano	0,851
En plano	134 (71,7)	55 (70,5)		
Fuera de plano	53 (28,3)	23 (29,5)	1,06 (0,59-1,89)	
Tº canalización (minutos) †	4 (1-10)	4 (1-10,5)	1,00 (0,98-1,02)	0,928
Tº procedimiento (minutos) †	30 (20-40)	30 (20-41,3)	0,997 (0,98-1,03)	0,664
Vena:			Basílica Vs resto	0,884
Basílica	168 (89,8)	69 (88,5)		
Humeral	15 (8,0)	6 (7,7)		
Cefálica	1 (0,5)	0 (0)		
Axilar	3 (1,6)	3 (1,6)		
Diámetro vena †	3,4 (2,9-4,2)	3,2 (2,7-4,1)	0,73 (0,53-1,06)	0,054
Ratio catéter-vena †	0,32 (0,26-0,36)	0,33 (0,31-0,37)	1,06 (1,01-1,11)	0,014
Brazo			Izqda Vs Dcha	0,854
Derecho	100 (53,5)	46 (59,0)		
Izquierdo	87 (46,5)	32 (41,0)	1,1 (0,41-2,93)	
Tipo PICC:			Alto flujo Vs Estándar	0,134
Estándar	154 (82,4)	70 (89,7)		
Alto flujo	33 (17,6)	8 (10,3)	0,53 (0,23-1,21)	
Calibre (Fr):				0,984
3	122 (65,2)	53 (67,9)		
4	63 (33,7)	25 (32,1)		
5,5	2 (1,1)	0 (0)		
Nº luces:			Referencia	
1	83 (44,4)	17 (21,8)		
2	102 (54,5)	61 (78,2)	2,92 (1,59-5,38)	0,001
3	2 (1,1)	0 (0)	-	
Local. punta:			No óptima Vs óptima	0,671
Óptima	88 (35,5)	2 (11,8)		
No óptima	160 (64,5)	15 (88,2)	0,89 (0,504-1,55)	
Local. brazo:				0,473
Proximal	19 (10,3)	10 (13,7)		
Medio	131 (70,8)	46 (63,0)		
Distal	35 (18,9)	17 (23,3)		
Fijación			Sutura Vs No sutura	0,015
Sin sutura	119 (63,6)	37 (47,4)		
Con sutura	68 (36,4)	41 (52,6)	1,94 (1,13-3,31)	
Del seguimiento				
Tiempo permanencia (días) †	18 (11-32)	30,5 (20-56,5)	1,01 (1,00-1,02)	0,005
Alta a domicilio	32 (12,9)	6 (35,3)	2,92 (0,96-8,84)	0,059
Motivo retirada:				0,220
Fin tratamiento	175 (70,6)	10 (58,8)		
Éxito	20 (8,1)	0 (0)		
Complicación	53 (21,4)	7 (41,2)		
C. infecciosa:			1,75 (0,64-4,77)	0,277
Total	10 (5,3)	7 (9,0)		
Contaminación	5 (3,6)	5 (6,3)		
Infección sistémica	5 (2,7)	2 (2,7)		
C. trombótica:				0,010
Total	53 (28,3)	35 (44,9)	2,06 (1,19-3,56)	
TVS aislada	42 (22,5)	24 (30,8)	1,78 (0,97-3,27)	0,063
TVP total	11 (5,9)	11 (14,1)	3,12 (1,26-7,69)	0,014

Salvo que se indique de otra forma, los datos se presentan como número de pacientes, con sus porcentajes entre paréntesis; † Mediana y rango intercuartílico.

Se administraron un total de 129 dosis de urokinasa en 62 pacientes con obstrucción parcial del PICC, resolviéndose en 102 (79,1%) ocasiones.

En el análisis de regresión logística univariante (Tabla 33) se identificaron como factores de riesgo de obstrucción del PICC la enfermedad crónica y el trasplante de médula ósea, los catéteres multilumen, el ratio catéter/vena elevado, la fijación con sutura, el tiempo de permanencia prolongado y la presencia de TVP-relacionada con el PICC.

En el análisis de regresión logística multivariante (Tabla 34), los cuatro factores de riesgo relacionados independientemente con el desarrollo de obstrucción del PICC fueron el ratio catéter/vena elevado, la permanencia prolongada del catéter, la presencia de enfermedad crónica y el catéter multilumen.

Tabla 35. Análisis de regresión logística multivariante para la detección de factores de riesgo de obstrucción del PICC.

Obstrucción del PICC	OR (95%CI)*	p value [‡]
Ratio catéter/vena	1,08 (1,01-1,15)	0,018
Permanencia del catéter (días)	1,01 (1,00-1,01)	0,019
Enfermedad crónica	2,54 (1,10-5,86)	0,029
PICC de doble luz	2,34 (1,07-5,12)	0,034

Test de Hosmer-Lemeshow: 0,942

Con respecto a la salida accidental del PICC, ocurrió en pacientes con una media de edad de 20 meses (RIC 8-65,2). El análisis de regresión logística univariante (Tabla 35) identificó que la salida del PICC fue significativamente más probable en los niños de menor edad y menor peso, en enfermos crónicos o trasplantados de órgano sólido, en los que el PICC se utilizó para administrar nutrición parenteral o permaneció durante periodos de tiempo prolongados, pero, sobretudo, en los que el catéter se había fijado con sutura. En el análisis multivariante (Tabla 36), los dos factores de riesgo asociados de manera independiente a la salida del PICC fueron la fijación con sutura (OR 10,21; IC95% 2,9-36,0; $p < 0,001$) y el ser trasplantado de órgano sólido (OR 3,17; IC95% 1,23-8,18; $p = 0,017$).

Tabla 36. Análisis de regresión logística univariante para la detección de factores de riesgo de salida accidental del PICC.

Variables	No salida n=244	Salida n=21	OR (IC95%)	p
Demográficas				
Edad (años) †	84 (30-159)	22 (8-66)	0,99 (0,97-1,00)	0,003
Peso (Kg) †	22 (12-39)	10 (8-16)	0,96 (0,93-1,00)	0,004
Sexo				
varones	130 (53,3)	13 (61,9)	Mujeres Vs Varones	
Mujeres	114 (46,7)	8 (38,1)	0,70 (0,28-1,75)	0,449
Clínicas				
Enfermedad crónica	160 (65,6)	20 (95,2)	10,5 (1,39-79,6)	0,023
Inmunodeprimido	135 (55,3)	15 (71,4)	2,02 (0,76-5,38)	0,160
Oncológico	64 (26,2)	2 (9,5)	0,30 (0,07-1,31)	0,108
Trasplante órgano sólido	61 (25,0)	11 (52,4)	3,3 (1,34-8,15)	0,010
Trasplante médula ósea	8 (3,3)	1 (4,8)	1,48 (0,18-12,39)	0,720
Enfermedad respiratoria	39 (16,0)	1 (4,8)	0,26 (0,34-2,02)	0,199
Enfermedad cardíaca	32 (13,1)	3 (14,3)	1,10 (0,31-3,96)	0,879
De exposición del PICC				
Intervención quirúrgica	32 (13,1)	4 (19)	1,56 (0,49-4,93)	0,450
Ingreso en UCI	112 (45,9)	10 (47,6)	1,07 (0,44-2,62)	0,880
Nutrición parenteral	107 (43,9)	15 (71,4)	3,2 (1,2-8,53)	0,020
Quimioterapia	70 (28,7)	2 (9,5)	0,26 (0,06-1,15)	0,076
Del procedimiento inserción				
Nº intentos:				
1	120 (49,2)	9 (42,9)	1,56 (0,49-4,93)	0,660
2	59 (24,2)	6 (28,6)		
3	37 (15,2)	2 (9,5)		
≥ 4	28 (11,5)	4 (19)		
Eco-vena:				
Longitudinal	174 (71,3)	14 (66,7)	Transvers Vs Longitud	0,653
Transversal	70 (28,7)	7 (33,3)		
Eco-aguja:				
En plano	175 (71,7)	14 (66,7)	Fuera plano Vs En plano	0,624
Fuera de plano	69 (28,3)	7 (33,3)		
Tº canalización (minutos) †	4 (1-10)	5 (2-13)	1,00 (0,97-1,03)	0,988
Tº procedimiento (minutos) †	30 (20-40)	35 (25-40)	1,00 (0,98-1,03)	0,846
Vena:				
Basilíca	220 (90,2)	17 (81)	Basilíca Vs resto	0,504
Humeral	17 (7)	4 (19)		
Cefálica	1 (0,4)	0 (0)		
Axilar	6 (2,4)	0 (0)		
Diámetro vena †	3,4 (2,8-4,2)	2,9 (2,7-3,5)	0,55 (0,30-0,99)	0,049
Ratio catéter-vena †	0,32 (0,29-0,37)	0,35 (0,29-0,37)	1,02 (0,94-1,09)	0,699
Brazo				
Derecho	132 (54,1)	14 (66,7)	Izqda Vs Dcha	0,271
Izquierdo	112 (45,9)	7 (33,3)		
Tipo PICC:				
Estándar	204 (83,6)	20 (95,2)	Alto Flujo Vs Estándar	0,189
Alto flujo	40 (16,4)	1 (4,8)		
Calibre (Fr):				
3	155 (63,5)	20 (95,2)	Referencia	0,018
4	87 (35,7)	1 (4,8)		
5,5	2 (0,8)	0 (0)		
Nº luces:				
1	96 (39,3)	4 (19)	Referencia	0,072
2	146 (59,8)	17 (81)		
3	2 (0,8)	0 (0)		
Local. punta:				
Óptima	88 (35,5)	2 (11,8)	No optima Vs Optima	0,142
No óptima	160 (64,5)	15 (88,2)		
Local. brazo:				
Proximal	23 (9,7)	6 (28,6)	Resto Vs medio	0,027
Medio	163 (68,8)	14 (66,7)		
Distal	51 (21,5)	1 (4,8)	3,04 (1,06-8,69)	0,038
Fijación				
Sin sutura	152 (62,7)	3 (14,3)	Sutura Vs No sutura	<0,001
Con sutura	91 (37,3)	18 (85,7)		
Del seguimiento				
Tiempo permanencia (días) †	21 (12-37)	19 (12-52)	1,01 (1,00-1,01)	0,055
Alta a domicilio	31 (12,7)	5 (23,8)	2,92 (0,96-8,84)	0,059
Motivo retirada:				
Fin tratamiento	175 (70,6)	10 (58,8)	0,713 (0,90-5,65)	0,748
Éxitus	20 (8,1)	0 (0)		
Complicación	53 (21,4)	7 (41,2)		
C. infecciosa:				
Total	16 (6,6)	1 (4,8)	0,713 (0,90-5,65)	0,748
Contaminación	10 (4)	0 (0)		
Infección sistémica	6 (2,6)	1 (4,8)		
C. trombótica:				
Total	80 (32,8)	8 (38,1)	1,26 (0,50-3,17)	0,621
TVS aislada	60 (24,6)	6 (28,6)	1,26 (0,46-3,47)	0,653
TVP total	20 (8,2)	2 (9,5)	1,26 (0,27-6,00)	0,770

Salvo que se indique de otra forma, los datos se presentan como número de pacientes, con sus porcentajes entre paréntesis; † Mediana y rango intercuartílico.

Tabla 37. Análisis de regresión logística multivariante para la detección de factores de riesgo de salida accidental del PICC.

Salida accidental	OR (IC95%)	p
Fijación sutura	10,21 (2,9-36,0)	<0,001
Trasplante de órgano sólido	3,17 (1,23-8,18)	0,017

Ajustado para peso, edad y sexo. Test de Hosmer-Lemeshow 0,786

DISCUSSION



DISCUSIÓN

I. SOBRE LA POBLACION DE ESTUDIO.

Antes de discutir los principales hallazgos de nuestro estudio, conviene analizar algunos aspectos relevantes sobre la población, los tipos de PICCs y de técnica de canalización estudiadas. Estos deben ser tenidos en cuenta a la hora de interpretar y contextualizar los resultados que hemos obtenido, ya que podrían limitar o matizar la generalización de nuestros resultados.

En primer lugar, el tipo de pacientes estudiados se ha visto muy influenciado por el hecho de que el estudio se ha desarrollado en un hospital pediátrico terciario y centro de referencia nacional para multitud de patologías complejas y, en concreto, para todo tipo de trasplantes. Esto explica que, en nuestra serie, las tasas de pacientes afectos de enfermedades crónicas (67,9%), hemato-oncológicas (24,9%) o portadores de trasplantes, esencialmente de órgano sólido (27,2%), hayan sido elevadas (Tabla 15). Por este motivo, también se entiende que los PICCs analizados en nuestro estudio se hayan empleado con frecuencia para la administración de soluciones de nutrición parenteral (46%) o de fármacos quimioterápicos (27,2%), y para manejar pacientes que requirieron ingreso en UCI (46%). Además, y aunque éste sea un parámetro que no hemos controlado directamente en el estudio, por las características propias de estos pacientes, es muy probable que los PICCs de nuestro estudio se hayan empleado con rutina para la extracción de muestras de sangre con fines diagnósticos. Sin embargo, en la mayoría de las series pediátricas publicadas hasta la fecha, los PICCs se han empleado fundamentalmente para la administración de antibióticos en niños con enfermedades infecciosas agudas intercurrentes, siendo los tiempos de permanencia de los PICCs de alrededor de 2 semanas. [7-10, 59, 61, 127, 161] Por tanto, la población de pacientes de nuestro estudio, podría haber sido, en comparación con las encontradas en otros estudios pediátricos, considerablemente más exigente para el rendimiento de los PICCs.

Por otro lado, en la cohorte estudiada, sólo el 14,7% de los pacientes fueron dados de alta portando el PICC, para continuar el tratamiento en domicilio. En este sentido, los hallazgos de nuestro estudio podrían haber sido sensiblemente diferentes si la proporción de pacientes ambulatorios hubiera sido mayor. Decimos esto porque, dado que en los pacientes ambulatorios el cuidado y mantenimiento del PICC es responsabilidad directa del familiar o cuidador del niño, a priori, podría esperarse que las tasas de complicaciones fueran mayores que las encontradas en pacientes hospitalizados, en los que el cuidado del

catéter es responsabilidad de personal sanitario presumiblemente más capacitado. En este sentido, algunos estudios pediátricos, especialmente con pacientes hemato-oncológicos, han centrado la investigación en pacientes ambulatorios. [4-6, 86, 87] Sin embargo, estudios recientes parecen demostrar lo contrario. Así, Hatakeyama N et al., estudiando un grupo de 93 niños oncológicos, que portaron el PICC durante una mediana de 162 días, describieron una tasa de retirada por complicación relacionada con el PICC del 19,4% (1,11 por 1000 días de catéter), siendo la sospecha de infección (0,74 por 1000 días de catéter), la obstrucción (0,18 por 1000 días de catéter) y la salida accidental (0,12 por 1000 días de catéter) las tres causas más frecuentes. [5] Llama la atención que estas tasas son menores, incluso, que las descritas en otros estudios pediátricos, en los que los PICCs se emplearon en poblaciones de menor riesgo y con tiempos de permanencia más recortados. Sin embargo, Piper HG et al., estudiando la evolución de 95 PICCs implantados en neonatos y lactantes pequeños con intestino corto, para la administración de nutrición parenteral prolongada, también con una mediana de permanencia de 162 días, describieron tasas de infección relacionada con el PICC y de obstrucción completa que obligaron a su retirada del 21% (2 por 1000 días de catéter) y del 6% (1 por 1000 días de catéter), respectivamente. [227] Por tanto, y en espera de la publicación de más estudios en esta área, cabría pensar que las complicaciones relacionadas con los PICCs en poblaciones de pacientes ambulatorios podrían verse sensiblemente influidas por las características de los pacientes, por el uso que se le dé al catéter y, sobretodo, por la adecuación en el entrenamiento de los familiares que se hagan cargo del cuidado del PICC.

En nuestro estudio no se incluyeron neonatos dado que, en nuestro hospital, estos pacientes no ingresan en la UCI Pediátrica, si no en la Neonatal. Los recién nacidos ingresados en unidades de cuidados intensivos, especialmente los prematuros, con frecuencia precisan la introducción de catéteres de media-larga duración para la administración de fármacos o soluciones de nutrición parenteral de manera prolongada. Diversos estudios han analizado la eficacia y seguridad de los PICCs en esta población, con resultados, en general, positivos. [227-232]

Por otro lado, todos los PICCs empleados durante el periodo de estudio estaban fabricados en poliuretano y fueron de calibres concretos (de 3 Fr a 5,5 Fr). Por tanto, nuestros resultados podrían no ser extensibles a PICCs fabricados con otros materiales como la silicona o el polivinilo, o a PICCs de diferente calibre.

Por último, creemos necesario resaltar el hecho de que todos los PICCs estudiados fueron insertados empleando un método muy concreto y protocolizado, sistematizándose el empleo de métodos de máxima barrera y la técnica de ecoguiado. Por ello, nuestros resultados

podrían no coincidir con estudios en los que se hayan empleado otros métodos para insertar los PICCs.

II. SOBRE LA EFICACIA DE LOS PICCs.

La eficacia de un catéter puede establecerse en base a diferentes criterios. De todos ellos, quizás el más relevante desde el punto de vista clínico, es que cumpla con los objetivos terapéuticos por los que se indicó su colocación. En este sentido, como se comentó en la sección de introducción, cuando se selecciona un PICC como dispositivo endovascular, suele ser pensando en su capacidad para permitir la administración de todo tipo de fármacos intravenosos, durante periodos de tiempo intermedios o prolongados. Diferentes estudios y guías de consenso, promueven el empleo de PICCs cuando la administración de tratamientos intravenosos se requiera durante más de 5 o 7 días de duración, cuando se pretenda administrar fármacos irritantes o vesicantes, o cuando se prevea la necesidad de realizar múltiples extracciones de sangre con fines diagnósticos.^[15, 16, 26, 27, 94]

En nuestra cohorte de estudio, la mediana de tiempo de permanencia de los PICCs fue de 21 días (RIC 12-37), lo que está en consonancia con lo descrito en la mayoría de los estudios pediátricos publicados hasta la fecha.^[7, 59, 61, 161, 233, 234] Como muestra el histograma de la Figura 56, sólo 19 (7,2%) pacientes portaron el PICC durante menos de 7 días, 158 (59,6%) lo hicieron durante 7-30 días y 88 (33,2%) durante más de un mes. En base a estos datos podemos afirmar que la gran mayoría (92,8%) de los catéteres estudiados, permanecieron insertados durante periodos de tiempo intermedios o prolongados. Por tanto, podría también interpretarse que los PICCs estudiados cumplieron eficazmente con el objetivo de permitir tratamientos intravenosos prolongados en el tiempo.

Otro criterio que podría tenerse en cuenta a la hora de establecer la eficacia de los PICCs, es si realmente se comportaron con dispositivos versátiles, permitieron la administración de cualquier tipo de fármaco, en cualquier tipo de paciente. En este sentido, la heterogeneidad de nuestra cohorte, permitió poner a prueba a los PICCs sobre una población muy diversa de pacientes. Aunque la gran mayoría de los pacientes analizados estaban ingresados a cargo de los Servicios de Cuidados Intensivos (36%), Hepatología-Gastroenterología (23%) y Hemato-Oncología (22%), casi la totalidad de las especialidades de nuestro hospital aportaron pacientes al estudio (Figura 47). Además, como se muestra en la Tabla 15, conviene destacar que 2 de cada 3 pacientes padecían enfermedades crónicas (67,9%), la mitad eran inmunosuprimidos (56,6%) y estuvieron ingresados en la UCI (46%), y uno de cada cuatro eran enfermos oncológicos (24,9%) o trasplantados de órgano sólido (27,2%).

En estas poblaciones de pacientes, los regímenes terapéuticos son, con frecuencia, muy exigentes para los catéteres. En este sentido, es habitual encontrar un gran número de medicaciones intravenosas en sus gráficas de tratamiento o tener que realizar numerosas extracciones de sangre con fines diagnósticos, con el elevado número de manipulaciones del catéter que esto supone. También en ellos es frecuente la administración de fármacos relacionados con la aparición de complicaciones en diferentes estudios. El 46% de los PICCs del estudio se emplearon para la administración de nutrición parenteral y el 27,2% para la administración de quimioterápicos. Como se comentará más adelante, ninguna condición clínica de base, ni la exposición del PICC a la UCI, a la nutrición parenteral o a los fármacos quimioterápicos se relacionó con el desarrollo de complicaciones infecciosas o trombóticas, aunque algunas de ellas sí se relacionaron con el desarrollo de complicaciones mecánicas, esencialmente en forma de obstrucción del catéter. Por tanto, parece razonable afirmar que, en nuestro estudio, los PICCs se emplearon eficazmente para el manejo terapéutico de una población muy variada de pacientes, permitiendo la administración de cualquier tipo de terapia intravenosa, lo que confirma su gran versatilidad.

La capacidad de permitir las extracciones de sangre a su través, es otra de las características más apreciadas de los PICCs.^[3] En aquellos niños en los que se requieren la realización de múltiples estudios analíticos de sangre, contar con un catéter que refluya facilita enormemente su manejo, reduce el consumo de recursos y el trabajo de enfermería y, sobretodo, evita el sufrimiento del paciente asociado a las venopunciones repetidas.^[63] Esto es especialmente cierto en niños pequeños, en los que la punción de venas periféricas puede ser un procedimiento técnicamente difícil y no siempre exitoso. No obstante, en la capacidad de un PICC para permitir el reflujo de sangre influyen diferentes aspectos, como la sección y la longitud del catéter, el número de luces y su permeabilidad, el material de fabricación y el correcto posicionamiento de su punta. En este sentido, diferentes estudios han descrito que PICCs con calibres inferiores a 3 Fr no suelen permitir el reflujo de sangre.^[230-232] Por ello, en los pacientes neonatales, especialmente en los recién nacidos prematuros, en los que se suelen emplear PICCs de 1 o 2 Fr, no suele ser posible el empleo de los PICCs para la realización de extracciones. En nuestro estudio no se emplearon catéteres de menos de 3 Fr, precisamente porque, por las características de los niños atendidos en nuestro centro, buscábamos garantizar, en la medida de lo posible, la posibilidad de realizar extracciones a través del catéter. Sin embargo, dado que en nuestro estudio no se registraron el número de extracciones realizadas a través del PICC durante su permanencia, no hemos podido evaluar específicamente su eficacia en este sentido. No obstante, como se mencionaba anteriormente, considerando las características clínicas de los pacientes del estudio, es razonable pensar que, en la gran mayoría de ellos, se intentara la extracción de

muestras de sangre a través del PICC en repetidas ocasiones. A este respecto, sí conocemos que la obstrucción del PICC afectó al 29,4% de los pacientes. Sin embargo, en la mayoría de los casos (23%) ésta fue de tipo parcial y se pudo resolver tras la administración de urokinasa en el 79,1% de las ocasiones. Por tanto, podemos suponer que, probablemente, en la mayoría de los pacientes el PICC también permitió la realización de extracciones a su través, evitándose así, la realización de punciones de venas periféricas, con el consiguiente ahorro en material, tiempo de enfermería y, sobretodo, sufrimiento para el niño. No obstante, esto tampoco lo podemos confirmar con rotundidad ya que, durante el estudio, tampoco registramos el número de punciones venosas realizadas porque el PICC no permitiera el reflujo de sangre. La realización de un estudio de coste-eficiencia específicamente centrado en este aspecto podría ser interesante.

A nuestro entender, otro aspecto interesante, que podría también reflejar la utilidad y eficacia de los P ICCs, es que en 39 (14,7%) ocasiones, los pacientes fueron dados de alta a domicilio portando el P ICC, siendo la mediana del tiempo de permanencia de los P ICCs en este grupo de pacientes significativamente mayor (53 días; RIC 25-126; $p < 0,001$) que en pacientes hospitalizados (20 días; RIC 11-32). Esto pudo suponer un ahorro considerable en el coste asistencial y, sobretodo, una importante mejora en la calidad de vida de los pacientes. Además, la tasa de retirada del P ICC por aparición de complicaciones en ellos no fue estadísticamente diferente a la encontrada en los de pacientes hospitalizados (34,2 Vs 20,7%; $p = 0,066$). No obstante, aunque no alcanzaron significación estadística suficiente en nuestro estudio, los P ICC de los pacientes ambulatorios tendieron a tener más complicaciones infecciosas (sospechas de infección) y mecánicas por obstrucción. Con respecto a lo publicado en otros estudios pediátricos, el porcentaje de pacientes ambulatorios en nuestra serie fue quizás relativamente bajo.^[5, 6, 59] En nuestra opinión, esto podría explicarse, por un lado, por el tipo de población estudiada, en la que, en la gran mayoría de los pacientes, el P ICC no se insertó con la intención de buscar el alta hospitalaria precoz o, incluso, el manejo ambulatorio del paciente inmediatamente tras su inserción. Y, por otro lado, por la falta de experiencia previa con los P ICCs en nuestro centro, lo que quizás también haya favorecido cierta desconfianza en ellos a la hora de manejar pacientes en régimen ambulatorio. Además, el dar de alta a domicilio a un niño portando un P ICC, implica que los padres, cuidadores e, incluso, el propio niño, deben haber recibido previamente formación específica, para que sean capaces de desarrollar un plan de cuidados de catéter óptimo. En este sentido, en la primera etapa del estudio, el personal de enfermería a cargo del paciente, fue el que se responsabilizó de, progresivamente y sin sistemática alguna, instruir al niño y al familiar. Sin embargo, intentando favorecer el manejo ambulatorio de determinados pacientes, desde mediados del 2013, una enfermera

específica, encargada de la preparación al alta y del soporte posterior de pacientes con terapias domiciliarias (esencialmente con soporte nutricional artificial o con soporte respiratorio), fue la que se hizo cargo de la formación sistemática de los familiares, así como de la provisión de todos aquellos materiales necesarios.

La ausencia de complicaciones, especialmente aquellas que implican la retirada precoz del PICC o que puedan poner en riesgo la vida del paciente, es otro aspecto crucial, que no solo informa de la seguridad del dispositivo, sino que, en cierto modo, también se relaciona con la eficacia del mismo. En este sentido, globalmente, el porcentaje de PICC retirados por la aparición de complicaciones relacionadas con el PICC en nuestro estudio fue del 22,7% (6,16 por 1000 días de catéter). Por lo tanto, en el momento de la retirada, la mayoría de los PICCs (77,3%) habían cumplido (69,8% de retiradas por fin del tratamiento) o estaban cumpliendo (7,5% de retiradas por fallecimiento del paciente) eficazmente su objetivo terapéutico (Figura 57) sin haber generado complicaciones. Además, analizando las complicaciones que motivaron la retirada de los PICCs, en más de la mitad de los casos (12,1%; 3,28 por 1000 días de catéter) éstas fueron consecuencia de la salida accidental (6,4%; 1,74 por 1000 días de catéter) o de la obstrucción completa del PICC (5,7%; 1,54 por 1000 días de catéter), seguidas en frecuencia por la sospecha de infección (7,2%; 1,95 por 1000 días de catéter) y por el desarrollo de una TVP (3,4; 0,92 por 1000 días de catéter) relacionadas con el PICC (Figura 57). Conviene también destacar que, finalmente, sólo se confirmó el diagnóstico de infección sistémica relacionada con el PICC en 7 (2,6%; 0,71 por 1000 días de catéter) de los 19 PICCs retirados por sospecha de infección (Figura 80). Además, ningún paciente en el que el PICC se retiró por la aparición de una TVP, se presentó clínica sugestiva de tromboembolismo pulmonar. Por lo tanto, en nuestro estudio, la mayoría de las complicaciones relacionadas con los PICCs que obligaron a su retirada fueron de carácter leve y, en ningún caso, comprometieron la vida del paciente. Nos parece importante destacar que, con respecto a la cronología de la presentación de las complicaciones relacionadas con el PICC, los catéteres con tiempos de permanencia de entre 7 y 21 días, fueron los que, con más probabilidad (85,2-87,7%), se retiraron sin haber sufrido complicaciones (Figuras 59 y 62). Las complicaciones por salida accidental se presentaron esencialmente durante el primer mes de permanencia del PICC, mientras que las sospechas de infección y las obstrucciones completas se presentaron más frecuentemente en los catéteres que permanecieron insertados por más de un mes. Las TVP relacionadas con el PICC que obligaron a su retirada se presentaron tanto precoz como tardíamente.

En la literatura pediátrica, las tasas descritas de retirada precoz del PICC por la aparición de complicaciones, varían entre el 21 y el 35%. Estas son, generalmente de tipo no infeccioso,

lo que está en consonancia con los hallazgos de nuestro estudio. [5-7, 59, 86, 138, 139] Jumani et al, en la mayor serie pediátrica publicada hasta la fecha, analizando 2574 PICCs, insertados en 1807 niños durante 46021 días, en un periodo de 6 años, en el Hospital Pediátrico Johns Hopkins (Baltimore, Maryland, EEUU), con mediana de edad de 5 años (los neonatos se excluyeron) y mediana de estancia de catéter de 13 días, encontraron que en el 20,8% de los casos fue necesario retirar el catéter por la presencia de alguna complicación. La densidad de incidencia de complicaciones que obligaron a la retirada del PICC de 11,6 por 1000 días de catéter. Esta es casi el doble que la encontrada en nuestra serie, quizás porque el tiempo de permanencia de nuestros PICCs fue también considerablemente mayor (13 Vs 21 días). Por orden de frecuencia, las complicaciones encontradas fueron la salida accidental (4,6%), la sospecha de infección (4,3%), la obstrucción (3,7%), la infiltración local (3%), la fuga (1,5%), la rotura del catéter (1,4%), la flebitis (1,2%) y la trombosis sintomática (0,5%), similares a los porcentajes encontrados en nuestra cohorte. Por tanto, y también coincidiendo con nuestros hallazgos, las complicaciones no infecciosas (16,4%), y fundamentalmente mecánicas, fueron claramente más frecuentes que las complicaciones infecciosas (4,3%). [59] Thiagarajan et al, analizando 441 PICCs insertados en pacientes pediátricos, también describieron que las complicaciones que con más frecuencia condujeron a la retirada del catéter fueron la salida accidental (8%), la sospecha de infección (8%) y la obstrucción (7%). [8]

Sin embargo, cuando se analizan todas las complicaciones relacionadas con el uso de los PICCs, y no sólo aquellas que conllevan la retirada del catéter, las tasas descritas son mayores. En nuestro estudio, globalmente, se registraron 206 complicaciones, de las cuales 101 (49%) fueron mecánicas (fundamentalmente en forma de obstrucción parcial), 88 (42,7%) trombóticas (fundamentalmente en forma de TVS) y 17 (8,3%) infecciosas (fundamentalmente en forma de contaminación del catéter), que afectaron a 151 (57%) de los 265 PICCs estudiados (Tabla 20). Así, la densidad de incidencia de complicación global relacionada con el PICC en nuestro estudio fue de 21,1 por 1000 días de catéter. Sin embargo, conviene destacar que, en la mayoría de los casos, estas complicaciones no obligaron a la retirada precoz del PICC, y nunca supusieron una amenaza para la vida del paciente. En este sentido, sólo fue necesario retirar 32 (31,7%) de los 101 PICCs que presentaron complicaciones mecánicas, y 9 (10,2%) de los 88 con complicaciones trombóticas. Barrier et al., describieron las complicaciones ocurridas en 1290 pacientes pediátricos hospitalizados, previamente sanos, en los que se había insertado un PICC para la administración de antibioterapia intravenosa prolongada. La tasa de complicación global fue de 19,3 por 1000 días de catéter, pero sólo un tercio de ellas se clasificaron como serias,

requiriendo tratamiento antibiótico, retirada o recambio del catéter, lo que está en consonancia con lo encontrado en nuestro estudio.^[7]

Considerando todo lo expuesto anteriormente, podemos concluir que, en nuestro estudio, los PICCs se comportaron como dispositivos eficaces y seguros para el paciente.

III. SOBRE LA SEGURIDAD DE LOS PICCs.

La evaluación de la seguridad de los PICCs en nuestro estudio se basó en el análisis de la incidencia y de los factores de riesgo de las complicaciones tromboticas, infecciosas y mecánicas. A continuación, y manteniendo el mismo orden expositivo que en la sección de resultados, discutimos nuestros resultados en este punto.

1. Sobre las complicaciones tromboticas relacionadas con los PICCs.

1.1. Sobre la incidencia de las complicaciones tromboticas.

Hasta donde conocemos, este es el primer estudio que ha investigado prospectivamente no solo la tasa de incidencia y los factores de riesgo de la trombotis venosa profunda (TVP), sino, también, de la trombotis venosa superficial (TVS), relacionadas con el uso de los PICCs en pacientes pediátricos.

Atendiendo a los resultados obtenidos en nuestro estudio, conviene destacar que las complicaciones tromboticas relacionadas con el uso de PICCs parecen ser más frecuentes en niños que en adultos, son casi siempre asintomáticas y afectan con mayor frecuencia al sistema venoso superficial que al profundo.

Hasta la fecha, la mayoría de los estudios realizados sobre las complicaciones tromboticas relacionadas con los PICCs, han sido de tipo retrospectivo, y han analizado exclusivamente las TVP sintomáticas. Estudios realizados en adultos han descrito tasas de TVP de entre 0,3 y 28,3%,^[2, 152-156, 224, 235-238] mientras que los escasos estudios pediátricos publicados hasta la fecha han descrito tasas de TVP de entre 0 y 5%.^[6, 59, 161]

Sin embargo, hasta el 33,2% (9,03 por 1000 días de catéter) de los pacientes de nuestro estudio, presentaron algún tipo de complicación trombotica relacionada con el PICC, cifra considerablemente superior a las anteriormente descritas en niños. Además, la TVS aislada fue el tipo de trombotis más frecuente (24,9%; 6,78 por 1000 días de catéter), triplicando la

tasa encontrada de TVP (8,3%; 2,25 por 1000 días de catéter). No parece importantísimo destacar que la mayoría de los pacientes que presentaron una TVP relacionada con el PICC (68%), asociaron también trombosis de la vena superficial canalizada y tributaria de la profunda. Por tanto, el 5,7% (1,54 por 1000 días de catéter) de los pacientes presentaron una TVP en combinación con TVS, mientras que el 2,6% de los pacientes presentaron una TVP aislada (0,71 por 1000 días de catéter).

La TVS relacionada con los PICCs en niños no se había estudiado en detalle hasta la fecha. Marnejon et al, analizando retrospectivamente 200 adultos diagnosticados de trombosis sintomática de la extremidad superior relacionada con la presencia de PICCs, encontró que, hasta en el 60,5% de los casos, el sistema venoso superficial se encontraba afectado.^[156] Bonizzoli et al, estudiando pacientes adultos diagnosticados de TVP relacionada con los PICCs, también describió que, hasta en el 61,3% de los casos, la trombosis había comenzado en la vena basilica.^[155] Por otro lado, Abdullah et al., investigando prospectivamente la presencia de trombosis venosa mediante la realización de flebografías tras la retirada del PICC, encontraron una tasa de trombosis del 38,5%, fundamentalmente como resultado de una trombosis venosa no oclusiva asintomática, siendo las venas basilica o cefálica, las más frecuentemente afectadas.^[236] También, Periard et al., en un ensayo clínico en el que se compararon los PICCs con los angiocatéteres de corta estancia, y en el que los pacientes recibieron una exploración ecográfica de las venas superficiales y profundas de la extremidad antes y después de la colocación del PICC, encontraron una incidencia de TVS asociada a PICC del 29%.^[27] En esta misma línea, Dubois et al., utilizando sistemáticamente los ultrasonidos en el seguimiento de 214 pacientes pediátricos portadores de un PICC, también describieron tasas más altas de TVP relacionada con PICC (9,6%; 3,85 por 1000 días de catéter).^[161] En nuestro estudio, la tasa total de TVP asociada a PICC fue de 8,3% (2,25 por 1000 días de catéter), similar a la descrita por Dubois et al. Diferentes estudios pediátricos prospectivos sobre catéteres venosos centrales de inserción central (CVCIC), han identificado tasas de TVP relacionada con catéter de entre 9 y 18% en pacientes canalizados en las venas yugular interna o subclavian,^[162, 163] y de entre 27 y 35% en pacientes con catéteres femorales.^[163, 164] Estas tasas de TVP parecen considerablemente mayores que las descritas con los PICCs. Por ello, en pacientes pediátricos, el riesgo de TVP relacionada con los PICCs parece menor que con los CVCIC. Sin embargo, estudios recientes realizados en adultos, han descrito mayor riesgo de presentar TVP de la extremidad superior en pacientes portadores de PICCs (OR 13,0, IC95%, 6,1- 27,6) que en portadores de CVCIC (OR 3,4, IC95% 1,7-6,8).^[165] Por tanto, son necesarios más estudios prospectivos para resolver esta cuestión, clínicamente tan relevante.

Por otro lado, son pocos los estudios realizados en adultos que han explorado la incidencia de trombosis asintomática relacionada con los PICCs, habiéndose descrito tasas de entre 23,3% y 38,5%. [64, 152, 236] Más recientemente, Bonizzoli et al, realizando exploraciones ecográficas a los 7, 15 y 30 días de la inserción del PICC en pacientes adultos, han descrito tasas de TVP relacionada con el PICC del 27,2% (7,7 por 1000 días de catéter). [155] En este sentido, una revisión publicada recientemente, ha demostrado que los estudios que, sistemáticamente, emplearon métodos de detección de trombosis relacionada con catéter, independientemente de si presentaron o no clínica, describieron tasas de TVP más elevadas (24,2%; IC95% 17,9-50,4 Vs 4,3%; IC95% 3,4-5,2) que los estudios que sólo la investigaron ante la presencia de síntomas. [159]

Al hilo de lo anterior, queremos destacar que, en nuestro estudio, alrededor del 90% de los pacientes que presentaron una TVS, y el 82% de los que presentaron un TVP, estaban completamente asintomáticos en el momento del diagnóstico (Figuras 75 y 76). También creemos importante resaltar el hecho de que casi todos (93,4%) los pacientes con TVP asociada a TVS estuvieron asintomáticos en el momento del diagnóstico, mientras que hasta el 42,9% de los pacientes con TVP aislada presentaron síntomas. Probablemente, el estricto protocolo de seguimiento clínico y ecográfico de los PICCs en nuestro estudio, haya sido decisivo a la hora de identificar trombosis asintomáticas relacionadas con los PICCs. En este sentido, si solo hubiéramos realizado exploraciones ecográficas a los pacientes sintomáticos, 9 de cada 10 TVS y 8 de cada 10 TVP no hubieran sido detectadas. Este hecho confirma que la evaluación ecográfica periódica de los pacientes pediátricos portadores de PICCs es una herramienta de monitorización esencial durante su seguimiento, como se discutirá más adelante.

Creemos que, nuestro estudio, también aporta información valiosa acerca de la cronología de la trombogénesis en pacientes pediátricos portadores de PICCs. En este sentido, hemos encontrado que la mediana de tiempo transcurrido desde la inserción del PICC hasta el desarrollo de una TVS aislada fue menor (10 días; RIC 3-24) que para el desarrollo de una TVP asociada a la TVS (22 días; RIC 10-30) y, especialmente, que para el desarrollo de una TVP aislada (100 días; RIC 13-110) (Figuras 70 y 72). En nuestro estudio, uno de cada cinco pacientes diagnosticados de TVS relacionada con PICC también asociaron una TVP, mientras que, dos tercios de los pacientes diagnosticados de TVP, asociaron una TVS. En la mayoría (73,3%) de los pacientes de este último grupo, la TVS precedió a la TVP con una mediana de 13 días (RIC 3-24). Analizando detenidamente el curso temporal de los diferentes tipos trombosis relacionadas con los PICCs encontrado en nuestro estudio, la TVS parece desarrollarse precozmente tras la inserción del PICC (el 45% y el 65% de ellas se diagnostican en la primera y segunda semana, respectivamente) siendo asintomática casi

siempre (Figura 71). Sin embargo, la TVP parece presentarse de una manera bifásica. En primer lugar, existiría un primer pico de incidencia, relativamente precoz y frecuente (63,6% de todas las TVP), entre la 3ª y la 4ª semana tras la inserción del PICC, habitualmente en forma de TVP combinada con una TVS, y casi siempre asintomática. En segundo lugar, también existiría un segundo pico de incidencia, mucho más tardío e infrecuente, pasado el mes desde la inserción del catéter, habitualmente en forma de TVP aislada, y con más frecuencia sintomática (Figura 71). Coincidiendo con nuestros resultados, estudios realizados en adultos han descrito que la TVP asociada a PICC habitualmente ocurre entre la 2ª y la 4ª semana tras la inserción del catéter.^[154, 155, 239, 240] Gasior et al, analizando 1289 PICCs en pacientes pediátricos, describió una tasa de TVP sintomática de 1,9%, siendo su mediana de presentación de 9,7 días tras la inserción de PICC.^[234]

Otro aspecto a destacar de nuestro estudio es que, realizando una exploración ecográfica de la extremidad canalizada, inmediatamente tras la retirada del catéter, únicamente el 66,8% de los pacientes presentaron un sistema venoso libre de obstrucción trombotica (Figura 74). Además, en los pacientes diagnosticados de TVS o TVP relacionadas con el PICC, se encontró que la obstrucción de la vena canalizada era completa en el 68,2% y el 81,8%, respectivamente. Por tanto, la mayoría de la trombosis relacionadas con PICCs en niños parecen ocasionar la obstrucción completa de la vena afectada. En nuestra opinión, este hallazgo es de gran importancia clínica, ya que, en consecuencia, un porcentaje considerable de los niños que reciben un PICC, van a sufrir una obstrucción completa de las venas en las que se aloja, pudiendo, por tanto, generar un agotamiento prematuro de su capital venoso y, por otro, dificultar la canalización de nuevos accesos vasculares en el futuro. En un estudio publicado recientemente, Yang RY et al. demostraron que en los pacientes que habían recibido múltiples inserciones de PICCs, existía un agotamiento progresivo de su capital vascular, como consecuencia de la acumulación de complicaciones tromboticas.^[241] También, Braswell LE et al. encontraron obstrucciones en las venas centrales en el 7,9% de los niños que habían recibido PICCs de 3Fr y en el 13% de los que habían recibido PICCs de 4 y 7 Fr.^[242] Por tanto, la posibilidad de generar obstrucciones tromboticas irreversibles en las venas canalizadas con PICCs es una realidad, y debe ser tenido en cuenta a la hora de indicar su inserción, especialmente en niños con patologías crónicas o complejas, en los que interesa especialmente preservar su capital venoso periférico y central.^[243]

1.2. Sobre los factores de riesgo de la TVS.

Hasta la realización del presente estudio, no se habían identificado ni descrito previamente los factores de riesgo de la TVS relacionada con PICCs en niños.

En nuestro estudio hemos identificado que los principales factores de riesgo de TVS son una edad corta, una calibre pequeño de la vena canalizada, un ratio catéter-vena elevado, un número de punciones hasta el éxito elevado, la inserción del catéter en otro sitio diferente al tercio medio del brazo, los tiempos de canalización y procedimiento prolongados, y la fijación del PICC con sutura (Tabla 27). De todos ellos, el ratio catéter-vena fue el factor de riesgo que más robustamente se asoció al desarrollo de TVS (Tabla 28). Cabe destacar que ninguna de las demás variables estudiadas se relacionó con el desarrollo de la TVS.

Analizando detenidamente estos hallazgos, parece evidente que la gran mayoría de los factores de riesgo de TVS encontrados en nuestro estudio, pueden expresar mayor riesgo de producir lesión de la pared y del endotelio de la vena durante la inserción del catéter y mayor ocupación de la sección del vaso durante su permanencia.

En este sentido, el riesgo de desarrollar TVS fue el doble (OR 2,08; IC95% 1,02-4,23; $p=0,04$) cuando se requirieron dos pinchazos para insertar el PICC con éxito, y el triple (OR 3,08; IC95% 1,32-7,17; $p=0,09$) cuando se realizaron 4 o más pinchazos (Tabla 27). En esta línea, Lee et al., en un estudio realizado sobre 444 pacientes adultos con cáncer, encontraron que más de un intento de inserción incrementaba 5 veces el riesgo de TVP (OR 5,5; IC95% 1,2-24,6; $p=0,03$).^[244] Esto sugiere que la lesión de la pared vascular que generan las punciones múltiples, favorece el desarrollo de la trombosis del vaso.

También nos parece de gran interés clínico el hecho de que, en nuestro estudio, la inserción del PICC en el tercio proximal o distal del brazo, se asoció a más riesgo de TVS que la inserción en el tercio medio. Algunos autores han propuesto que los PICCs insertados cerca de las articulaciones del codo o del hombro, podrían generar más trauma mecánico sobre la pared y el endotelio de la vena, al estar más expuestos a los movimientos de las articulaciones, que los PICCs insertados en el tercio medio del brazo.^[10, 173, 245] Dado que a nivel del tercio medio del brazo, las venas no suelen visualizarse ni palpase con facilidad, el empleo de los ultrasonidos parece esencial para conseguir insertar con éxito los PICCs en esta localización.

En la misma línea, en nuestro estudio también hemos encontrado que la fijación del PICC con sutura incrementa el riesgo de TVS (OR 2,20; IC95% 1,24-3,91; $p=0,007$). La correcta fijación de los PICCs en niños, especialmente en los lactantes y niños pequeños, es un aspecto a tener muy en cuenta. La salida accidental es una de las complicaciones más

frecuentes en los niños portadores de PICCs. Conlleva la pérdida prematura e indeseada del acceso vascular, dificulta el cumplimiento del tratamiento y, con frecuencia, obliga a la recolocación de otro catéter.^[8] Se han publicado tasas de salida accidental de PICCs en pediatría que van desde 0,12 a 3,0 por 1000 días de catéter,^[60, 61, 143] que son similares a las que hemos encontrado en nuestro estudio (6,4%; 1,74 por 1000 días de catéter). Teniendo esto en cuenta, algunos autores han defendido que la fijación de los PICCs con sutura en los pacientes pediátricos podría disminuir la tasa de salida accidental.^[61, 145] Sin embargo, estudios realizados en adultos, también han descrito tasas más bajas de infección relacionada con PICC y mayor comfort del paciente, cuando se emplean dispositivos de fijación adhesivos (i.e. Stat-Lock™) en vez de sutura.^[143] Como se discutirá más adelante, llama la atención que, en nuestra cohorte, la fijación con sutura hizo 10 veces más probable la salida accidental del PICC, tanto en el análisis de regresión logística univariante como en el multivariante [OR 10,1 (IC95% 2,89-35,19); $p < 0,001$]. Por lo tanto, parece razonable defender el uso de los dispositivos adhesivos específicos para la fijación de los PICCs en los pacientes pediátricos. En los niños más pequeños, se debe ponderar el riesgo de salida accidental frente al riesgo de favorecer la TVS.

A pesar de que algunos estudios han relacionado el lado en el que el PICC se encuentra insertado con el riesgo de trombosis, en nuestro estudio no se ha encontrado esta asociación, lo que es consistente con los hallazgos de estudios recientes.^[237]

Además de lo mencionado hasta ahora, probablemente, el hallazgo más relevante de nuestro estudio, y también el de mayor impacto clínico, es la identificación del ratio catéter-vena como el factor de riesgo más robustamente asociado al desarrollo de TVS relacionada con PICC en niños. Así, por cada incremento de 0,1 en su valor, el riesgo de desarrollar TVS aumentó aproximadamente 11 veces [OR 1,15 (IC95% 1,08-1,23) $p < 0,001$; HR 1,12 (IC95% 1,07-1,17) $p < 0,001$] (Tabla 28) (Figura 77). Mediante el análisis de la curva ROC (Figura 78), identificamos que el valor de 0,33 era el que mejor predecía el desarrollo de TVS, con una sensibilidad de 71,2% y una especificidad 72,3% (AUC 0,729; IC95% 0,652-0,806; $p < 0,001$). Así, cuando el ratio catéter-vena fue $< 0,33$, el 87,7% de los pacientes no presentaron una TVS aislada, mientras que cuando fue $\geq 0,33$ este porcentaje se redujo al 50,5%. Además, el ratio catéter-vena, también se identificó como un factor de riesgo para el desarrollo de TVP en el análisis de regresión logística univariante [OR 1,16 (IC95% 1,06-1,26) $p < 0,001$], probablemente por el hecho de que en la mayoría de los casos de TVP, se había desarrollado previamente una TVS en la vena periférica canalizada. Con el punto de corte de 0,33, la sensibilidad y la especificidad para la TVP combinada fueron 63,6% y 54,3%, respectivamente. Así, cuando el ratio catéter-vena fue $< 0,33$, el 94,3% de los pacientes del estudio no presentaron TVP, mientras que cuando fue $\geq 0,33$ este porcentaje se redujo al

88,8% (Figura 79). Dado que el conseguir un ratio catéter-vena inferior a 0,33 podría reducir drásticamente la aparición de complicaciones trombóticas relacionadas con PICCs, creemos firmemente que cumplir con esta recomendación debería convertirse en un objetivo prioritario a la hora de planificar la inserción de este tipo de catéteres en niños. Como mencionábamos antes, quizás este sea uno de los hallazgos del estudio con mayor interés y aplicabilidad desde el punto de vista clínico. Para poder cumplir con este objetivo, son esenciales, por un lado, realizar una evaluación ecográfica inicial del capital venoso del paciente, que permita conocer el diámetro real de sus venas periféricas y seleccionar la más adecuada, y, por otro, elegir adecuadamente el calibre del PICC que se va a insertar. En este sentido, en la Tabla 37 sugerimos los calibres mínimos que deberían tener las venas periféricas para permitir la inserción de los diferentes tamaños de PICCs usados con mayor frecuencia en la edad pediátrica, manteniendo un ratio catéter-vena máximo de 0,32. A nivel práctico podríamos afirmar que *“el calibre del catéter en French no debe superar el calibre de la vena en milímetros”*.

Tabla 38. Diámetro mínimo recomendado de la vena periférica para permitir la colocación de los diferentes tamaños de PICCs, manteniéndose un ratio catéter-vena <0,33.

Calibre PICC (Fr)	Diámetro externo PICC (mm)	Diámetro vena recomendado (mm)
2	0,67	≥ 2,1
3	1	≥ 3,1
4	1,33	≥ 4,2
5	1,67	≥ 5,2

En un estudio publicado recientemente, Sharp et al. describieron la repercusión del ratio catéter-vena en la tasa de trombosis sintomática relacionada con PICCs en adultos, encontrando una relación inversa entre ambos y un punto de corte óptimo de 0,45 (AUC 0,761; IC95% 0,681-0,830).^[246]

La ley de Poiseuille establece que la resistencia al flujo sanguíneo de un vaso es directamente proporcional a la cuarta potencia del radio. Por tanto, pequeños cambios en el radio de un vaso sanguíneo conllevarán grandes variaciones en la resistencia que ofrece a la circulación de la sangre.^[173] Por este motivo, el flujo sanguíneo en las venas periféricas puede verse muy dificultado por la inserción de un PICC en su interior. En este sentido, Nifong et al. demostraron que el porcentaje de la sección del vaso ocupada por el PICC

(i.e. ratio catéter-vena), se correlacionaba con una reducción gradual de flujo venoso de hasta el 93%.^[74] Es decir, cuanto mayor sea el valor del ratio catéter-vena, mayor estasis sanguíneo se producirá. Y como recuerda la triada de Virchow, el estasis sanguíneo es una de las piezas clave en la trombogénesis.

Al hilo de lo anterior, algunos estudios prospectivos y retrospectivos realizados en unidades de cuidados intensivos, han identificado tasas de trombosis más elevadas en los pacientes portadores de PICCs de mayor calibre y con mayor número de luces.^[2, 64, 239, 247] Sin embargo, en nuestro estudio, ni el calibre ni el número de luces del PICC se asociaron con el desarrollo de trombosis (ni TVS ni TVP) (Tabla 27). Nuestra interpretación es que, probablemente estas dos variables sólo impliquen un aumento en el riesgo de trombosis, si conllevan un ratio catéter-vena elevado.

También en relación con este hallazgo, y de vital importancia en el paciente pediátrico, es el hecho de que el diseño “conificado” (“reverse-tapered design”) del extremo proximal de los modernos PICCs de alto flujo, implica un engrosamiento considerable en el calibre del catéter a lo largo de los últimos centímetros cercanos a la pieza de fijación en piel. Por este motivo, un PICC de 4 Fr con diseño “reverse-tapered” puede tener un calibre de hasta 5,5 Fr en sus primeros centímetros, que son los que van a ocupar, en parte, el tejido celular subcutáneo, pero, también, los primeros centímetros de la vena periférica en la que se inserta, generando un incremento considerable del ratio catéter-vena a este nivel y, por tanto, favoreciendo la trombosis. En este sentido, Itkin et al. no encontraron diferencias en la tasa de trombosis comparando PICCs de 5 Fr con diseño standard y con diseño “reverse-tapered”. Sin embargo, como ocurrió también en nuestro estudio, estos catéteres no se insertaron completamente, deteniendo su inserción unos 5 cm antes del final.^[248]

1.3. Sobre los factores de riesgo de la TVP.

Recientemente, Greene et al., en el mayor estudio (76242 pacientes; 3790 portadores de PICC) de cohortes retrospectivo realizado hasta la fecha, encontró que la presencia de un PICC se relacionaba fuertemente con el desarrollo de TVP sintomática de la extremidad superior [HR 10,49 (IC95% 7,79-14,11); $p < 0,001$] y en menor medida con la de la inferior [HR 1,48; (IC95% 1,02-2,15; $p = 0,038$], pero no con el tromboembolismo pulmonar.^[238]

A diferencia de lo mencionado anteriormente para la TVS, hasta la fecha se han descrito multitud de factores de riesgo de TVP relacionada con PICC en adultos.^[159] En este sentido, algunas características del paciente como el antecedente de TVP, la enfermedad

crítica, el cáncer, la infección, las trombofilias hereditarias, la enfermedad renal avanzada, el ingreso en UCI o la necesidad de intervención quirúrgica mientras permenece el PICC implantado, se han relacionado con un aumento del riesgo de TVP. Otras enfermedades también se han descrito ocasionalmente como factores de riesgo de TVP asociada a PICC: diabetes mellitus, obesidad, hipertensión arterial sistémica y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. [2, 239, 249, 250] Por otro lado, algunas características del catéter como el tamaño, el número de luces y la capacidad de infusión a alta presión, se han identificado como factores de riesgo de la TVP. [2, 64, 239, 247] También se han descrito algunos factores de riesgo relacionados con el procedimiento, como el tipo y el calibre de la vena canalizada, el número de punciones hasta el éxito y la lateralidad. Por último, el tipo de solución infundida (i.e. productos sanguíneos, nutrición parenteral, soluciones hiperosmolares) también se ha relacionado con la TVP relacionada con PICC. [161]

En nuestro estudio hemos identificado varios factores de riesgo para la TVP relacionada con PICC (Tablas 27 y 28). Algunos de ellos también están relacionados con el desarrollo de TVS (i.e. menor peso, menor calibre de vena, ratio catéter-vena elevado y fijación del PICC con sutura). La interpretación que hacemos de esto es que, para el análisis estadístico, todos los casos de TVP (aislados y combinados con TVS) fueron agrupados y comparados con el grupo de pacientes que no desarrollaron trombosis. Como se mencionó previamente, hasta el 68% de los pacientes con TVP en nuestro estudio también tenían asociada una TVS de la vena canalizada. Por ello, es esperable que algunos factores de riesgo relacionados con la TVP, lo hagan por su asociación previa con la TVS. No obstante, otros factores de riesgo de TVP detectados en nuestro estudio, y no identificados como factores de riesgo de TVS, fueron el tiempo de permanencia del PICC prolongado, la infección y la malfunción del catéter.

La infección relacionada con el PICC se ha descrito previamente como factor de riesgo de TVP en pacientes portadores de CVCIC. No obstante, sigue sin quedar claro si la infección del catéter promueve la trombosis, o si la trombosis favorece la infección del catéter. [10, 251, 252] También, en un estudio sobre catéteres de larga duración, en el que se incluyeron los PICCs, Revel-Vilk et al. encontraron que los pacientes que presentaron al menos un episodio de obstrucción del catéter y de infección, tuvieron más riesgo de presentar una TVP relacionada con el PICC [OR 4,15 (IC95% 1,2-14,4)]. [84]

Sin embargo, en nuestro estudio, los tres factores de riesgo que se relacionaron más robustamente con la TVP en el análisis multivariante de regresión logística y de Cox fueron la existencia de TVS en la vena canalizada [OR 7,01 (IC95% 2,47-19,89) $p < 0,001$; HR 8,67 (3,34-22,56) $p < 0,001$], la posición no óptima de la punta del catéter [OR 4,91 (IC95% 1,08-

22,27) $p=0,039$; HR 5,18 (IC95% 1,21-22,25) $p=0,027$] y el tiempo prologado de permanencia del catéter [OR 1,01 (1,00-1,01) $p=0,009$] (Tabla 28).

Diferentes estudios realizados tanto en niños como en adultos han identificado la malposición de la punta del PICC como un factor de riesgo clave para el desarrollo del TVP. [166, 173] Jumani et al, analizando la cohorte más grande hasta la fecha de niños hospitalizados portadores de PICCs, reportó que la posición no central de la punta del PICC se asociaba muy significativamente a la presencia de complicaciones no infecciosas [IRR 4,56 (IC95% 3,67-5,61)]. [59] Cuando la punta del catéter se localiza en el interior de la vena cava superior (VCS), es más probable que el catéter discorra paralelo a sus paredes, y que su punta no protruya sobre la pared del vaso. De esta manera, las soluciones infundidas a su través se diluyen rápidamente, disminuyendo el riesgo de irritación y lesión endotelial. Pero cuando la punta del PICC se aloja en algún vaso más periférico, es más probable que ésta repose sobre la pared del vaso, reduzca el calibre del mismo, genere mayor estasis y turbulencia, y favorezca un tiempo de contacto mayor entre las infusiones y el endotelio vascular, desencadenando el proceso de trombosis. [6, 173]

A pesar de haber empleado la guía ecográfica no solo para la punción de la vena seleccionada, sino para favorecer el correcto posicionamiento del PICC durante su inserción, sólo el 34% de los catéteres de nuestro estudio estuvieron óptimamente posicionados, el 45% fueron clasificados como subóptimos y el 21% como mal posicionados. Esto refleja el hecho de que el posicionamiento óptimo de la punta del PICC no es fácil de conseguir en el paciente pediátrico, existiendo diferentes motivos para explicarlo. Por un lado la capacidad limitada de la ecografía para visualizar correctamente las venas centrales retroesternales durante el procedimiento de inserción. Por otro lado, la presencia de válvulas venosas, de venas tortuosas o espasmodizadas, o de trombosis secundarias a canalizaciones previas, puede dificultar el correcto posicionamiento del catéter. Y, por último, la incorrecta selección de la longitud del PICC a introducir. En este sentido, aunque las referencias anatómicas son ampliamente utilizadas en pacientes adultos para determinar la longitud del PICC, no existen estudios que hayan validado este método en la población pediátrica. Publicaciones recientes han descrito que la asociación durante el procedimiento de inserción del ecoguiado con el posicionamiento dirigido con guía electrocardiográfica, pueden elevar significativamente la tasa de posicionamiento óptimo de la punta del PICC. [177, 253] Otras veces, la longitud subóptima del catéter puede ser consecuencia de la ausencia de un catéter de la longitud requerida. Por ejemplo, hasta donde llega nuestro conocimiento, actualmente no existe en el mercado ningún PICC de 3 Fr y 2 luces, que se inserte con técnica micro-Seldinger, y que tenga una longitud mayor a 20 cm. Otro factor importante, relacionado con esto, es que, con objeto de conseguir la

mayor estabilidad posible del catéter, es frecuente que los PICCs en niños se inserten completamente hasta la pieza de fijación a piel, sin permitir que quede el exceso de catéter enrollado sobre la superficie del brazo del niño, ya que esto podría favorecer su salida accidental. Sin embargo, esto implica que el catéter debe ser cortado distalmente antes de proceder a su inserción, y que, por tanto, la posición final de la punta queda supeditada a que la longitud seleccionada del catéter haya sido la correcta. A este respecto, actualmente existen algunos modelos de PICCs (Vygon® PICC-Easy™) que permiten ser cortados proximalmente, y que podrían, de esta manera, favorecer la correcta colocación de su punta.

Nos gustaría enfatizar que, hasta donde conocemos, este es el primer estudio que ha identificado la presencia de TVS en la vena tributaria canalizada, como un factor de riesgo asociado robustamente con el desarrollo de TVP. En este sentido, la presencia de TVS aumenta entre 7 y 8 veces el riesgo de desarrollar TVP [OR 7,01 (IC95% 2,47-19,89) $p < 0,001$; HR 8,67 (IC95% 3,34-22,56) $p < 0,001$] (Tabla 28). Por tanto, como se mencionó previamente, todas las medidas encaminadas a reducir las TVS asociadas a PICCs (i.e. conseguir un ratio catéter-vena $< 0,33$) pueden también tener un gran impacto a la hora de reducir las TVP.

Cabe señalar que ninguna de las demás variables estudiadas se relacionó con la TVP en nuestro estudio. En este sentido, algunos autores han descrito una asociación robusta entre el cáncer y la TVP relacionada con PICC, ^[239] incluso llegando a poner en duda la indicación de la canalización de PICCs en estos pacientes. En pacientes pediátricos oncológicos, algunos estudios también han encontrado mayor riesgo de TVP relacionada con PICC. ^[6, 254] No obstante, y de acuerdo con Dubois et al., en nuestro estudio no encontramos asociación significativa entre la presencia de enfermedad oncológica, o la administración de quimioterapia, y el desarrollo de complicaciones trombóticas. ^[161] No obstante, el número relativamente pequeño de pacientes ($n=22$) diagnosticados de TVP en nuestro estudio, podría haber limitado la identificación de este y otros factores de riesgo también descritos por otros autores, como la exposición del PICC a nutrición parenteral, quimioterapia, cirugía o ingreso en UCI. ^[156] Desafortunadamente, la historia previa de trombosis y la presencia de estados protrombóticos, también descritos como factores de riesgo para TVP por otros autores, no se analizaron en nuestro estudio. ^[161]

Considerando la relación encontrada en nuestro estudio entre las complicaciones por TVS y por TVP, y analizando los factores de riesgo de ambas, podemos inferir algunos mecanismos por los que poder explicar la génesis y la progresión de la trombosis relacionada con PICCs. En nuestra opinión, la génesis de la TVS podría estar directamente relacionada tanto con el daño endotelial causado por la venopunción y durante la inserción

del catéter, como con el estasis sanguíneo secundario a la ocupación de la luz de la vena por el catéter. No obstante, dado que la primera exploración ecográfica durante el seguimiento de los pacientes de nuestro estudio se realizó a los 7 días de la inserción, ésta hipótesis no pudo ser correctamente explorada. Por otro lado, la progresión de la trombosis, y la afectación del sistema venoso profundo, podría favorecerse si el catéter ocupa más de un tercio (i.e. ratio catéter-vena $>0,33$) de la luz del vaso superficial. Los pacientes en los que esto podría ocurrir con más frecuencia serían los niños pequeños con catéteres demasiado grandes para el tamaño de sus venas, o aquellos con PICCs mal posicionados o que afrontan tiempos de estancia prolongados.

En base a nuestros hallazgos, consideramos que, para reducir las complicaciones trombóticas relacionadas con los PICCs, podrían ser útiles las siguientes medidas:

- Mediante la realización de una exploración ecográfica inicial del paciente, seleccionar de manera óptima el catéter y la vena, apostando siempre por conseguir el menor ratio catéter-vena posible.
- Insertar el PICC en el tercio medio del brazo.
- Evitar la fijación del PICC con sutura, siempre que sea posible.
- Entrenar específicamente en la técnica de canalización ecoguiada al personal sanitario encargado de su inserción, con objeto de alcanzar las mayores tasas de éxito en primera punción posibles y de optimizar la posición final de la punta del PICC.
- Optimizar los cuidados durante la permanencia del PICC, optimizando aquellas medidas destinadas a reducir la obstrucción y la infección del catéter.

2. Sobre las complicaciones infecciosas relacionadas con los PICCs.

2.1. Sobre la incidencia de complicaciones infecciosas.

Considerando el total de complicaciones relacionadas con los PICCs, independientemente de si obligaron o no a la retirada del catéter, las más frecuentes en nuestro estudio fueron las de tipo mecánico (37,7%) y trombótico (33,2%) y las menos frecuentes las infecciosas (6,4%) (Tabla 20). Sin embargo, de todas las complicaciones que motivaron la retirada precoz del catéter, la sospecha de infección relacionada con el PICC fue el motivo más frecuente (31,5% de todos los catéteres retirados por complicación). Finalmente, atendiendo a la presencia de datos clínicos y analíticos de la infección en el momento de la retirada, y a la positividad del cultivo de la punta, en nuestro estudio se confirmaron 17 (6,4%)

complicaciones infecciosas relacionadas con los PICCs (1,74 por 1000 días de catéter), 10 de ellas en forma de contaminación (1,03 por 1000 días de catéter) y 7 en forma de infección sistémica (0,71 por 1000 días de catéter) (Figura 80). Es interesante comentar que los PICCs contaminados no se retiraron antes que los no contaminados (24 Vs 20 días, respectivamente). Sin embargo, los PICCs que causaron una infección sistémica, lo hicieron tardíamente [mediana 85 días; RIC (26-145 días); $p < 0,001$]. De hecho, ningún PICC generó una infección sistémica antes de los 14 días de permanencia.

Con respecto al impacto clínico sobre el paciente de las complicaciones infecciosas relacionadas con los PICCs, conviene también destacar que todas las infecciones sistémicas se controlaron con la retirada del catéter y con la administración intravenosa de antibióticos, sin que éstas se asociaran a complicaciones graves (ninguno requirió ingreso en Cuidados Intensivos) ni al fallecimiento de los pacientes.

Hasta la fecha, algunos estudios realizados en pacientes pediátricos, también habían encontrado que las complicaciones infecciosas relacionadas con los PICCs seguían en frecuencia a las mecánicas. Las densidades de incidencia descritas de infección relacionada con PICCs en niños varían desde 0,2 a 6,4 por 1000 días de catéter. [77, 79, 138, 139, 147, 148]

En el estudio publicado por Levy et al., en el que se estudiaron 279 PICCs implantados en niños hospitalizados, describieron una tasa de complicación infecciosa global de 13,6% (4,4 por 1000 días de catéter), incluyendo flebitis en el 4,6% (1,5 por 1000 días de catéter) e infección del punto de entrada en el 3,5% (1,2 por 1000 días de catéter), y de infección sistémica relacionada con el PICC en el 5,7% (1,8 por 1000 días de catéter). [138]

Jumani et al, analizando 2574 PICCs insertados en 1807 niños durante 46021 días, encontraron que las complicaciones no infecciosas (16,4%) fueron tres veces más frecuentes que las infecciosas (5,5%). Además, en el análisis de regresión, el único factor de riesgo relacionado con la aparición de complicaciones infecciosas fue el ingreso en UCI (RR 2,23; IC95% 1,43-3,48; $p < 0,001$). [59] Advani et al., estudiando 2592 PICCs insertados en 1819 niños durante 44972 días, describieron una tasa de infección de 4,48% y un incidencia de 2,58 por 1000 días de catéter. [148] Barrier et al., analizando 1280 PICCs implantados en pacientes pediátricos durante 10712 días, describió una tasa de complicaciones globales de 16,2% (19,3 por 1000 días de catéter) y de infección sistémica relacionada con el PICC de 3% (1,77 por 1000 días de catéter). [7]

La variabilidad tan importante de estos datos puede explicarse por varios motivos. En primer lugar, existe una gran heterogeneidad en lo que respecta al tipo de pacientes analizados, y a las técnicas de inserción y mantenimiento de los PICCs empleadas en cada uno de los

estudios. En este sentido, los estudios anteriores al año 2000, generalmente se realizaron en pacientes adultos en los que la inserción del PICC se hacía sin técnica ecoguiada, habitualmente a nivel de la fosa antecubital o en el antebrazo. Es bien conocido que estas localizaciones se asocian a mayor tasa de complicaciones tanto mecánicas (rotura, salida accidental, flebitis mecánica) como infecciosas. También es importante tener en consideración si la población de estudio incluye sólo pacientes hospitalizados o también pacientes ambulatorios, ya que las complicaciones descritas en los primeros parecen sistemáticamente mayores que en los segundos, probablemente como consecuencia de una mayor exposición a la contaminación por ser más frecuente su manipulación.^[255]

Por otro lado, en la variabilidad de la incidencia de complicaciones infecciosas relacionadas con los PICCs, también puede influir decisivamente la falta de homogeneidad de los criterios empleados en los diferentes estudios para definir la infección. En este sentido, los criterios de infección relacionada con catéter más frecuentemente empleados en los estudios científicos son los establecidos en las guías de publicadas por el Centro de Control y Prevención de Enfermedades americano (US-CDC).^[256] En ellas se establecen los criterios para definir tanto las complicaciones infecciosas locales (infección del punto de entrada y tunelitis), como las sistémicas. A su vez, para las infecciones sistémicas relacionadas con catéter en niños se definen tres estadios de certeza: probado, probable y posible.^[150]

Para establecer el diagnóstico de infección sistémica relacionada con catéter es obligado realizar dos estudios microbiológicos. Uno de ellos debe ser siempre un hemocultivo extraído por punción directa de una vena periférica. El segundo puede ser o bien un cultivo de la punta del catéter sospechoso, lo cual implica su retirada, o bien un hemocultivo extraído del catéter sospechoso. Se probará la infección si se aísla el mismo germen en el cultivo de la punta del catéter que en el hemocultivo de sangre periférica, o si se aísla el mismo germen en el hemocultivo extraído del catéter central, siempre que éste crezca más rápido (diferencia > 2 horas) o en más cantidad (ratio > 5:1) que en el hemocultivo de sangre periférica. Sin embargo, cuando en un paciente con signos de infección se aísla un germen en el cultivo de la punta del catéter, pero no se realiza un hemocultivo de sangre periférica en el momento de la retirada, que también confirme la presencia del mismo germen, la infección sistémica relacionada con el PICC debe clasificarse como probable.

Desgraciadamente, en la mayoría (12/19; 63,1%) de los casos en los que se retiró un PICC por sospecha de infección en nuestra cohorte, no se extrajo concomitantemente un hemocultivo de sangre periférica. Por tanto, la mayoría de nuestros casos de infección sistémica son realmente probables, y no probados. En consecuencia, la tasa de infección sistémica relacionada con PICC en nuestro estudio podría estar sobreestimada, ya que

algunos de los casos clasificados como infección podrían ser realmente contaminaciones, si el hemocultivo de sangre periférica obtenido en la retirada hubiera resultado negativo. Por este mismo motivo, dado que tampoco se extrajeron hemocultivos de sangre periférica en los 10 casos definidos como contaminación, tampoco es posible descartar que, en algún caso, pudiera haber habido una bacteriemia asociada el día de la retirada. No obstante, en ninguno de estos casos hubo sospecha clínica de infección antes o después de la retirada del PICC, por lo que el impacto clínico de este error no sería importante.

A pesar de que entra dentro de las recomendaciones de buena práctica clínica, es también cierto, como se demuestra en nuestro estudio, que la extracción de hemocultivos de sangre periférica por punción directa no siempre es posible o recomendable en los niños. Los motivos que pueden influir en ello son por un lado, la dificultad técnica que supone una punción periférica, especialmente en niños pequeños o en estado crítico y, por otro, el discomfort y dolor que supone para el niño su realización.^[60]

Teniendo en cuenta estos comentarios, conviene destacar que, en nuestro estudio, la densidad de incidencia de complicación infecciosa sistémica relacionada con PICC (0,71 por 1000 días de catéter) es de las más bajas publicadas hasta el momento. Probablemente, el haber protocolizado las importantes medidas de asepsia en el momento de la canalización, y el haber sistematizado el plan de cuidados del PICC durante su permanencia, haya contribuido significativamente a conseguir estos resultados. Además, esta incidencia es claramente inferior a la encontrada con los catéteres centrales de inserción central no tunelizados, y similar a la de los tunelizados, lo que convierte al PICC en uno de los dispositivos endovasculares más seguros, desde el punto de vista infeccioso.^[151]

En este sentido, Safdar et al, analizando 1263 catéteres centrales de inserción central en pacientes adultos, describieron una tasa de complicación infecciosa de 2,7%, siendo la incidencia de 5,9 por 1000 días de catéter. El 45% de las infecciones fueron de origen extraluminal, por flora cutánea, el 26% intraluminales (siendo más frecuentes las infecciones por gram negativos) y el 29% de origen indeterminado.^[257]

Un reciente meta-análisis, publicado por Chopra et al., ha confirmado que, en comparación con los catéteres centrales de inserción central, los PICC se asocian a menor tasa de infección sistémica relacionada con catéter (RR 0,62; IC95% 0,40-0,94), y que esta reducción del riesgo es más evidente cuando los PICCs se emplean en pacientes ambulatorios (RR 0,22; IC95% 0,18-0,27) que en hospitalizados (RR 0,73; IC95% 0,54-0,98).^[146] También, en un meta-análisis publicado por Maki et al., en el que se estudiaron las infecciones sistémicas relacionadas con una gran variedad de dispositivos endovasculares (Figura 83) publicadas en 200 estudios seleccionados, se estimó que la tasa de infección

sistémica relacionada con los PICCs era del 2,4% (2,1 casos por 1000 días de catéter), mientras que para los catéteres centrales de inserción central no tunelizados esta fue de 4,4% (2,7 casos por 1000 días de catéter), ambas superiores a la encontrada en los catéteres centrales tunelizados (1,1 por 1000 días de catéter). En este estudio también se describió que mayor riesgo de infección sistémica relacionada con el PICC en pacientes hospitalizados (2,1 por 1000 días de catéter) que en ambulatorios (1,1 por 1000 días de catéter).^[28]

Figura 83. Tasas de infección relacionada con diferentes dispositivos de acceso vascular. Tomado de: Maki DG, et al. Mayo Clin Proc 2006.^[28]

Device	No. of studies	No. of catheters	No. of IVD (d)	No. of BSIs	Rates of IVD-related bloodstream infection			
					Per 100 devices		Per 1000 IVD-days	
					Pooled mean	95% CI	Pooled mean	95% CI
Peripheral IV catheters								
Plastic catheters	110	10,910	28,720	13	0.1	0.1-0.2	0.5	0.2-0.7
Steel needles	1	148	350	3	2.0	0.0-4.3	8.6	0.0-18.2
Venous cutdown	1	27	111	1	3.7	0.0-10.8	9.0	0.0-26.6
Midline catheters	3	514	9251	2	0.4	0.0-0.9	0.2	0.0-0.5
Arterial catheters for hemodynamic monitoring	14	4366	21,397	37	0.8	0.6-1.1	1.7	1.2-2.3
Peripherally inserted central catheters								
Inpatient and outpatient	15	3566	105,839	112	3.1	2.6-3.7	1.1	0.9-1.3
Inpatient	6	625	7137	15	2.4	1.2-3.6	2.1	1.0-3.2
Outpatient	9	2813	98,702	97	3.5	2.8-4.1	1.0	0.8-1.2
Short-term noncuffed central venous catheters								
Nonmedicated								
Nontunneled	79	20,226	322,283	883	4.4	4.1-4.6	2.7	2.6-2.9
Tunneled	9	741	20,065	35	4.7	3.2-6.2	1.7	1.2-2.3
Medicated								
Chlorhexidine-silver-sulfadiazine	18	3367	54,054	89	2.6	2.1-3.2	1.6	1.3-2.0
Minocycline-rifampin	3	690	5797	7	1.0	0.3-1.8	1.2	0.3-2.1
Silver impregnated	2	154	1689	8	5.2	1.7-8.7	4.7	1.5-8.0
Silver iontophoretic	2	396	4796	16	4.0	2.1-6.0	3.3	1.7-5.0
Benzalkonium chloride	1	277	2493	12	4.3	1.9-6.7	4.8	2.1-7.5
Pulmonary artery catheters	13	2057	8143	30	1.5	0.9-2.0	3.7	2.4-5.0
Hemodialysis catheters								
Temporary, noncuffed	16	3066	51,840	246	8.0	7.0-9.0	4.8	4.2-5.3
Long-term, cuffed and tunneled	16	2806	373,563	596	21.2	19.7-22.8	1.6	1.5-1.7
Cuffed and tunneled central venous catheters	29	4512	622,535	1013	22.5	21.2-23.7	1.6	1.5-1.7
Subcutaneous venous ports								
Central	14	3007	983,480	81	3.6	2.9-4.3	0.1	0.0-0.1
Peripheral	3	579	162,203	23	4.0	2.4-5.6	0.1	0.1-0.2
Intra-aortic balloon pumps	1	101	414	3	3.0	0.0-6.3	7.3	0.0-15.4
Left ventricular assist devices	3	157	19,653	41	26.1	19.2-33.0	2.1	1.5-2.7

*BSI = bloodstream infection; CI = confidence interval; IV = intravenous; IVD = intravascular device.

Por otro lado, Al Raiy et al., estudiando 638 CVC y 622 PICCs insertados en pacientes adultos no ingresados en UCIs durante 4917 y 5703 días totales, respectivamente, describieron similares densidades de incidencia de infección sistémica relacionadas con ambos tipos de catéter (2,4 Vs 2,3 por 1000 días de catéter, respectivamente). No obstante, en los pacientes con PICC ésta complicación aparecía más tardíamente (23 Vs 13 días; p=

0,03), concluyendo que, con vistas a reducir las complicaciones infecciosas, los PICCs podrían ser más deseables que los CVC en pacientes en los que se prevean tiempos de permanencia prolongados.^[91]

Sin embargo, en los estudios más recientes, la incidencia descrita de complicaciones infecciosas relacionadas con los PICCs es extremadamente baja o, incluso, nula. Todos ellos tienen en común que se sistematizó el uso de la técnica ecoguiada durante la inserción, así como el empleo de medidas (“bundles”) de máxima asepsia recomendadas por las guías internacionales de consenso más actuales, tanto durante la inserción, como durante el cuidado posterior del PICC: soluciones de clorhexidina al 2% para la limpieza de la piel, dispositivos de fijación sin sutura, cobertura del punto de inserción con apósitos transparentes semipermeables, conectores de bioseguridad libres de aguja (“needle-free”), etc. En este sentido, Cotogni et al, estudiando 65 PICCs (11504 días de permanencia) en adultos con patología oncológica, no describió ninguna complicación infecciosa.^[258, 259] Botella-Carretero et al. y Pittiruti et al, también han reportado ausencia de complicaciones infecciosas en pacientes 48 adultos portadores de PICC con nutrición parenteral domiciliaria y en 89 pacientes adultos y pediátricos ingresados en UCI, respectivamente.^[260, 261]

2.2. Sobre los microorganismos implicados y los posibles mecanismos patogénicos.

Con respecto a los agentes microbiológicos implicados, cabe destacar que, globalmente, el *Staphylococcus epidermidis* fue el responsable de la mayoría de las complicaciones infecciosas relacionadas con el PICC en nuestra cohorte. Esto fue especialmente evidente en las contaminaciones del PICC, en las que este germen estuvo presente en 9 de los 10 (90%) casos. Sin embargo, en los casos de infección sistémica (bacteriemia/sepsis) relacionada con el PICC, el aislamiento de *S. epidermidis* se produjo en menor proporción (42,8%), detectándose con más frecuencia que en las contaminaciones, otros gérmenes habituales en las complicaciones infecciosas nosocomiales (gram negativos y hongos) (Tabla 29). Estos resultados coinciden con lo publicado hasta la fecha en otros estudios.^[28, 58, 138, 146, 148, 257]

Es conocido que las infecciones locales (infecciones del punto de inserción y tunelitis) relacionadas con PICC están producidas, casi en su totalidad, por gérmenes gram positivos comensales de la piel (*Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, etc). Su curso suele ser leve, y no siempre implican la retirada del catéter, ya que, con frecuencia, pueden ser controladas con tratamiento antibiótico (tópico y/o sistémico). Por otro lado, las infecciones sistémicas relacionadas con los PICCs, también suelen estar producidas

frecuentemente por gérmenes gram positivos (especialmente *S. epidermidis*), aunque, en estos casos, la presencia de otros gérmenes (gram negativos y hongos) es relativamente frecuente, dependiendo de diferentes factores: condición clínica basal del paciente (más frecuente en enfermos crónicos o con tiempos prolongados de permanencia del PICC), exposición del catéter a determinados fluidos (mayor frecuencia de hongos y gram negativos cuando se administra nutrición parenteral o quimioterapia) o escenarios (más frecuencia de gram negativos en pacientes ingresados en UCI o expuestos a cirugía).^[77, 148]

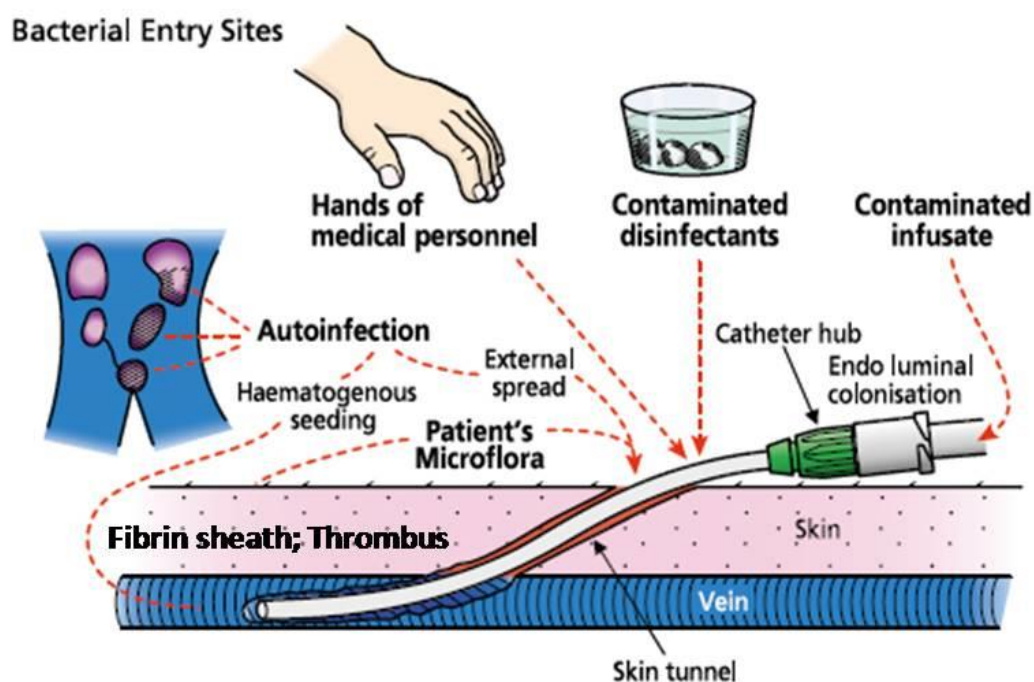
La Figura 84 ilustra los diferentes mecanismos patogénicos por los cuales un PICC puede infectarse. Lo más habitual es que sean los microorganismos de la flora cutánea del paciente los que contaminen el catéter, o bien en el momento de la inserción, especialmente si las medidas de asepsia no son las adecuadas, o bien durante su permanencia, sobretudo cuando los cuidados del PICC son deficitarios. En estos casos, la infección del catéter será extraluminal, se originará en el punto de inserción del catéter en la piel y progresará distalmente. De esta manera, se podrían generar tanto infecciones locales (infección de la puerta de entrada o tunelitis), cuando la infección se localice en la porción extravascular del catéter, como sistémicas (bacteriemia o sepsis), cuando la infección se extienda hasta la porción endovascular del mismo. Dado que la flora cutánea de un individuo sano está fundamentalmente compuesta por gérmenes gram positivos, en general de escasa virulencia, estas infecciones no suelen ser graves. Sin embargo, en pacientes críticos o crónicamente enfermos, hospitalizados durante periodos de tiempo prolongados (especialmente en áreas de hospitalización con alta prevalencia de infección nosocomial), inmunodeprimidos, con alteraciones de la barrera cutáneo-mucosa, o colonizados en vía aérea o digestiva por gérmenes nosocomiales, es más frecuente que la microflora de la piel se modifique, aumentando la prevalencia de gérmenes gram negativos, hongos y microorganismos multi-resistentes, con mayor virulencia y poder invasor. También se puede alterar la flora cutánea de los pacientes portadores de PICCs por transferencia de gérmenes desde las manos del personal sanitario responsable de su cuidado, por un uso incorrecto de lavado de manos y de las medidas de asepsia en su manipulación, o desde soluciones desinfectantes inapropiadas o contaminadas.

Los PICCs también pueden infectarse por vía endoluminal. En este caso, la contaminación del catéter podrá ser consecuencia del uso de soluciones intravenosas contaminadas (especialmente soluciones de nutrición parenteral) o, más frecuentemente, de la contaminación de los conectores, las llaves de tres pasos o las líneas de infusión, como resultado de una manipulación incorrecta de las mismas. En estos casos, la contaminación del PICC sería por vía intraluminal, lo que podría favorecer su rápida extensión al torrente

circulatorio. Por último, en ocasiones los PICCs también pueden infectarse por vía hematológica, en situaciones de bacteriemia generada por un foco infeccioso a distancia.

En este sentido, Safdar et al, analizando 1263 catéteres centrales de inserción central en pacientes adultos, describieron una tasa de complicación infecciosa de 2,7%, siendo la incidencia de 5,9 por 1000 días de catéter. El 45% de las infecciones fueron de origen extraluminal, por flora cutánea, el 26% intraluminales (siendo más frecuentes las infecciones por gram negativos) y el 29% de origen indeterminado (Figura 23).^[58]

Figura 84. Posibles mecanismos de la infección relacionada con catéter. Modificada de: Safdar N, et al. Intensive Care Med 2004.^[257]



En nuestro estudio, coincidiendo con lo publicado por estudios previos,^[138] la mayoría de los casos de infección relacionada con el PICC fueron originados por flora cutánea. Por ello, cabría pensar que el mecanismo de infección más probable fuera el de contaminación desde el orificio de inserción. Sin embargo, y a pesar de que la infección del PICC desde la piel no implique en todos los casos la presencia de signos clínicos de infección local, la nula

incidencia de infección local observada en nuestro estudio podría sugerir que el origen de la infección fuera, más probablemente, una contaminación del conector o de las llaves de tres pasos o, en menor medida, una contaminación por vía hematógena, que son más propias de los catéteres con periodos de permanencia prolongados.^[262] Sin embargo, esta hipótesis no pudo ser confirmada, ya que el protocolo del estudio no estableció la toma de frotis de los conectores ni de las llaves de tres pasos, ni rutinarios, ni en los casos en los que se sospechara infección del PICC. No obstante, sí parece razonable inferir que las medidas de prevención de la infección local establecidas en el protocolo de cuidados del PICC del estudio (cobertura con apósito plástico transparente renovable cada 7 días y cura del punto de inserción con soluciones de clorhexidina) se realizaron correctamente. No obstante, quizás se pudieran disminuir aún más las complicaciones infecciosas relacionadas con el PICC mediante la optimización del cumplimiento de las medidas de asepsia en su manipulación, especialmente en lo que respecta a la correcta limpieza y desinfección de los conectores, o a la frecuencia con la que se reemplazan.

Dentro de las medidas de seguridad para el paciente, la prevención de la infección sistémica relacionada con catéteres centrales debe considerarse prioritaria, y es un buen indicador de la calidad asistencial. Esta complicación se ha asociado a incrementos en la mortalidad (hasta en el 12-25% en pacientes adultos), en la estancia hospitalaria, y en el coste asistencial (35000 dólares por episodio).^[263-265] Además, en una reciente publicación de *Annals of Internal Medicine*, la implantación de medidas de prevención de las infecciones relacionadas con catéter en los hospitales ha sido defendida como una de las actuaciones más prioritarias y rentables, pues su impacto sobre la seguridad del paciente y el coste-beneficio de su aplicación es muy elevado.^[106]

Aunque las medidas destinadas a evitar la infección durante la inserción son esenciales, quizás las medidas más fundamentales para la prevención de la infección de los PICCs son las que se aplican durante su cuidado y mantenimiento posterior.^[107] En este sentido, es esencial que estas medidas sean conocidas y se administren por personal sanitario y cuidadores específicamente entrenados, empleándose listas de comprobación (checklist) para confirmar el correcto cumplimiento y aplicación de las mismas.^[266] Moukarzel et al, demostraron en 1994 que el entrenamiento adecuado de los familiares encargados del cuidado del catéter de niños con nutrición parenteral domiciliaria era uno de los más importantes predictores de la permanencia del PICC libre de complicaciones infecciosas.^[267] El desarrollo de páginas web con información específica sobre el correcto cuidado de los PICCs, destinadas a familiares y cuidadores de pacientes con nutrición parenteral o quimioterapia domiciliaria, puede ser también una estrategia útil en la prevención de las complicaciones en general, y de la infección relacionada con el catéter, en particular.^[268]

2.3. Sobre los factores de riesgo de las complicaciones infecciosas.

Con respecto a la interpretación de los resultados de nuestro estudio en este punto, conviene aclarar que, el reducido número de complicaciones infecciosas detectadas, puede haber limitado la potencia estadística de los análisis realizados. Por tanto, podría no ser acertado aceptar la hipótesis nula en todos aquellos casos en los que el valor de la p fue $>0,05$. Como se muestra en la Tabla 30, hay variables en las que, si bien el valor de la “ p ” fue $>0,05$, los valores del OR (point estimate) y del intervalo de confianza sí sugirieron la posible presencia de asociación con la infección.

Teniendo esto en cuenta, en nuestro estudio se identificaron como factores de riesgo de infección relacionada con el PICC, el tiempo de permanencia del catéter [OR 1,01 (IC95% 1,00-1,01); $p=0,039$], el ratio catéter-vena [OR 1,09 (IC95% 1,01-1,18); $p=0,023$], la fijación con sutura [OR 2,81 (IC95% 1,01-7,86); $p=0,023$] y la presencia de TVP relacionada con el PICC [OR 3,71 (IC95% 1,06-13,05); $p=0,041$]. Por otro lado, si bien la malposición de la punta del PICC [OR 4,13 (IC95% 0,92-18,45); $p=0,064$], la presencia de complicaciones mecánicas [OR 2,70 (IC95% 0,97-7,52); $p=0,057$] y el alta a domicilio [OR 2,92 (IC95% 0,96-8,84); $p=0,059$], no alcanzaron significación estadística en el estudio de regresión logística univariante, el valor del OR y, sobre todo, el de los intervalos de confianza, hicieron pensar que, si el número de casos de infección hubiera sido más elevado, el test sí hubiera tenido potencia estadística suficiente para identificarlos como factores de riesgo. Una vez más, queremos destacar que el ratio catéter-vena fue el factor de riesgo más robustamente asociado a la presencia de infección relacionada con el PICC en los análisis multivariantes de regresión logística y de Cox [OR 1,14 (IC95% 1,03-1,26) $p=0,015$; HR 1,10 (IC95% 1,01-1,19) $p=0,038$].

Nuestros resultados son coherentes con los publicados hasta la fecha por otros autores. En este sentido, Advani S et al., estudiando 2592 PICCs insertados en 1819 niños durante 44972 días, identificaron como factores de riesgo relacionados de infección relacionada con el PICC, la permanencia superior a los 21 días [RR 1,53 (IC95% 1,05-2,26)], la administración de nutrición parenteral a través del PICC [RR 2,24 (IC95% 1,31-3,84)], el ingreso en cuidados intensivos [RR 1,8 (IC95% 1,18-2,75)], la presencia de trastornos metabólicos crónicos en el paciente [RR 2,07 (IC95% 1,14-3,74)] y el antecedente de infección en PICCs previos [RR 2,48 (IC95% 1,18-5,25)].^[148] En el estudio publicado por Levy et al., la infección relacionada con el PICC fue más frecuente en los niños que no presentaban foco infeccioso en el momento de la inserción de catéter, en los que el PICC se empleó para múltiples propósitos y en los niños de mayor edad.^[138]

A pesar de que en diferentes estudios de adultos el ingreso en UCI, la exposición a nutrición parenteral y la enfermedad maligna de base se han asociado a un aumento del riesgo de infección sistémica relacionada con el PICC, ^[266] en nuestro estudio no hemos encontrado esta asociación. ^[56, 227, 268, 269-272] No obstante, como se señalaba más arriba, el escaso número de complicaciones infecciosas encontradas en nuestra cohorte, puede haber limitado la potencia estadística y, por tanto, la capacidad de identificar estos u otros factores de riesgo.

En base a nuestros hallazgos, consideramos que, para reducir las complicaciones infecciosas relacionadas con los PICCs, podrían ser útiles las siguientes medidas:

- Mediante la realización de una exploración ecográfica inicial del paciente, seleccionar de manera óptima el catéter y la vena, apostando siempre por conseguir el menor ratio catéter-vena posible.
- Evitar la fijación del PICC con sutura, siempre que sea posible.
- Entrenar específicamente al personal sanitario y a los familiares que se encarguen del cuidado del catéter, para que las manipulaciones del catéter, el cambio periódico de apósitos y conectores se hagan siempre de manera óptima, especialmente en niños que vayan a ser dados de alta portando el PICC.

3. Sobre las complicaciones mecánicas relacionadas con los PICCs.

3.1. Sobre la incidencia de las complicaciones mecánicas.

En consonancia con lo publicado hasta la fecha, en nuestro estudio las complicaciones más frecuentemente relacionadas con los PICCs fueron las de tipo mecánico (Tabla 32), presentándose en 101 (38,1%) casos (densidad de incidencia 10,36 casos por 1000 días de catéter). A su vez, los dos tipos de complicación mecánica más frecuentes fueron la obstrucción (78 casos; 29,4%; 8 por 1000 días de catéter) y la salida accidental (22 casos; 8,3%; 2,26 por 1000 días de catéter) del PICC (Tabla 19). Por el contrario, la rotura del PICC, descrita con cierta frecuencia en publicaciones previas, sólo se presentó en una ocasión en nuestra cohorte. También cabe destacar que, en la mayoría de los casos (78%) de obstrucción, ésta fue parcial y no total. Sin embargo, la salida accidental del PICC fue en la mayoría de los casos (77,3%) completa.

Diferentes estudios realizados tanto en pacientes adultos como en niños, han descrito tasas de obstrucción de catéteres venosos centrales de larga duración de entre el 14 y el 36%.^[141, 273] Barrier et al, analizando 1280 PICCs insertados en pacientes pediátricos, también encontraron que la complicación más frecuente (34% de los casos) fue la obstrucción del catéter.^[7] Tasas similares se han descrito con el uso de PICCs en neonatos, incluso en los prematuros de muy bajo peso.^[274]

Con respecto a la relevancia clínica de las complicaciones mecánicas, en nuestra cohorte éstas también supusieron la causa más frecuente de retirada prematura de los PICCs (31 de los 60 PICCs retirados por complicación). En este sentido, de las 31 complicaciones mecánicas que motivaron la retirada del PICC, 17 fueron en forma de salida accidental y 14 en forma de obstrucción completa del catéter (Figura 61). Estos hallazgos coinciden con lo publicado por Jumani et al., quien, analizando 2574 PICCs implantados en 1807 niños, describió una tasa de complicaciones que obligaron a la retirada del catéter del 20,8% (11,6 por 1000 días de catéter), siendo la salida accidental (4,6%), la sospecha de infección (4,3%) y la obstrucción del PICC (3,6%) las tres causas más frecuentes.^[59] También, Matsuzaki et al., analizando las complicaciones relacionadas con el PICC en una cohorte de 109 catéteres insertados en niños para la administración prolongada de quimioterapia, encontraron que hasta en el 50,5% de los casos, el PICC tuvo que ser retirado por la aparición de complicaciones (4,66 por 1000 días de catéter), siendo la obstrucción la causa complicación más frecuente (16,5%; 1,53 por 1000 días de catéter). El único factor relacionado con la aparición de complicaciones en este estudio fue la localización no central de la punta del PICC.^[6]

Cabe destacar que, en nuestro estudio, sólo fue necesario retirar el catéter por obstrucción completa en 14 (18%) de los 78 PICCs afectados por obstrucción. En todos los demás casos, o ésta no limitó el cumplimiento terapéutico, por afectar sólo a una luz en los PICCs de doble luz, o la obstrucción se resolvió mediante la administración de urokinasa. Sin embargo, dado que en la mayoría de los casos la salida del PICC fue completa, ésta complicación, numérica y porcentualmente, fue la complicación mecánica que con más frecuencia motivó la retirada prematura del PICC.

3.2. Sobre los factores de riesgo relacionados con la obstrucción del PICC.

Son muy pocos los estudios que se han centrado en el estudio de los factores de riesgo relacionados específicamente con la obstrucción de los PICCs. En el estudio de Jumani et al, mencionado anteriormente, los factores de riesgo más directamente relacionados con la

presencia de complicaciones mecánicas fueron la malposición de la punta del PICC (IRR 3,58; IC95% 2,94-4,34), la edad inferior a 1 año y el ingreso en UCI portando el PICC (IRR 1,24; IC95% 1,03-1,52).^[59]

En nuestro estudio, los factores de riesgo relacionados de manera independiente con la obstrucción del PICC fueron el ratio catéter-vena elevado [OR 1,08 (IC95% 1,01-1,15) $p=0,018$], la permanencia prolongada del catéter [OR 1,01 (IC95% 1,00-1,01) $p=0,019$], la presencia de enfermedad crónica [OR 2,54 (IC95% 1,10-5,86) $p=0,029$] y la doble luz en el catéter [OR 2,34 (IC95% 1,07-5,12) $p=0,034$] (Tablas 33 y 34).

La interpretación que hacemos de estos hallazgos es la siguiente. Los pacientes crónicos son los que, por un lado, reciben más diversidad de fármacos y fluidos a través del PICC, y, por otro, los que precisan mayor número de extracciones de sangre para la realización de controles analíticos. Ello supone mayor manipulación del catéter y mayor número de desconexiones. Por tanto, la precipitación de fármacos o sangre en el interior del PICC podría ser más probable, explicándose así el mayor riesgo de obstrucción.

Por otro lado, que los PICCs de doble luz incrementen más de dos veces el riesgo de obstrucción en comparación con los de una sola luz, podría ser consecuencia de que, en los catéteres multilumen, la sección interna de cada luz es significativamente menor, favoreciéndose así el depósito de fibrina, trombos o fármacos. En esta línea, Thiagarajan et al., describieron mayores tasas de obstrucción en los PICCs de menor sección.^[8]

Teniendo en cuenta lo anterior, parece también razonable que el riesgo de obstrucción del PICC aumente con el tiempo de permanencia. En este sentido, en el estudio pediátrico publicado por Barrier et al., los catéteres multilumen y el tiempo de permanencia prolongado también fueron identificados como factores de riesgo para la aparición de complicaciones no infecciosas relacionadas con el PICC.^[7]

Por último, la fuerte asociación encontrada en nuestro estudio entre el ratio catéter-vena y la obstrucción del PICC quizás pueda explicarse por la también fuerte vinculación de este factor con el desarrollo de trombosis relacionada con el PICC, como ya se ha mencionado en el apartado correspondiente de esta discusión. De hecho, en nuestro estudio, la presencia de trombosis relacionada con el PICC también fue identificado como factor de riesgo de obstrucción en el análisis univariante [OR 2,06 (IC95% 1,19-3,56); $p=0,010$]. Además, en el análisis de subgrupos, fue precisamente la TVP la que se mantuvo asociada a la obstrucción del PICC [OR 3,12 (IC95% 1,26-7,69); $p=0,014$]. Aunque este hallazgo no se ha descrito previamente en la literatura, creemos que patogénicamente tiene sentido. Si la trombosis relacionada con el PICC se origina en su punta o ésta se termina afectando por

progresión desde segmentos más proximales (incluso desde la vena superficial canalizada), es esperable que el trombo genere obstrucción a este nivel. Una vez más, la optimización del ratio catéter-vena, mediante la selección del catéter y la vena más adecuados, podría no solo reducir las complicaciones trombóticas, sino, también, las mecánicas por obstrucción, aumentándose significativamente la vida útil del catéter y las tasas de cumplimiento terapéutico.

Como se mencionó en la introducción, la obstrucción de un catéter puede ser de origen trombótico o no trombótico.^[262] A su vez, las obstrucciones trombóticas pueden ser de causa extraluminal, por trombosis del vaso en el que se aloja la punta del catéter o por presencia de depósitos de fibrina en la punta, o de causa endoluminal, por depósitos de sangre o fibrina en su interior (Figura 22). Por otro lado, las obstrucciones no trombóticas también pueden tener un origen extraluminal, por pinzamiento, acodamiento o malposición del catéter, o intraluminal, por precipitación de fármacos o soluciones de infusión en su interior. Por tanto, las posibilidades de desobstrucción del catéter y las medidas a tomar variarán en función del mecanismo por el que se sospeche que se está originando la obstrucción.^[141]

Sin embargo, a nivel clínico, no siempre es fácil identificar o presumir el mecanismo de obstrucción. Como se discutirá más adelante, la realización de un estudio de imagen (radiología simple o ecografía) en el momento en el que se presente una obstrucción del PICC, podría identificar aquellos casos de obstrucción no trombótica de tipo extraluminal, así como las obstrucciones secundarias a trombosis de la vena en la que se aloja la punta del PICC, pudiéndose intentar la recolocación del catéter o la desobstrucción del vaso mediante la administración de anticoagulantes o fibrinolíticos. Sin embargo, las obstrucciones de origen intraluminal no son identificables por las pruebas de imagen rutinarias, debiéndose sospechar cuando los dos mecanismos anteriores hayan sido descartados.^[262]

En nuestro estudio, no se estudiaron los posibles mecanismos de obstrucción de los PICCs. Sin embargo, cuando esta complicación se presentó, y por protocolo, se realizó una inspección de la extremidad canalizada en busca de signos de trombosis (dolor, edema, calor). Si éstos estuvieron presentes se realizó una ecografía urgente para investigar la presencia de trombosis venosa profunda. En caso contrario, y siempre que la obstrucción del catéter fuera parcial (permite la infusión de fluidos pero no el reflujo de sangre), se intentó su desobstrucción mediante la administración local de urokinasa (5000 U/mL), asumiendo que, en estos casos, el mecanismo de obstrucción más probable sería el depósito de fibrina en la punta o en el interior del catéter. En este sentido, se administraron un total de 129 dosis de urokinasa en 62 pacientes, resolviéndose la obstrucción en 102

(79,1%) ocasiones. La elevada tasa de éxito de desobstrucción conseguida con urokinasa hace pensar que, probablemente, la mayoría de las obstrucciones detectadas en nuestro estudio fueran consecuencia de obstrucción parcial, endoluminal o de la punta del catéter, por depósitos o manguitos de fibrina. De acuerdo con esta hipótesis, algunos estudios realizados en adultos, también han sugerido que la causa más frecuente de obstrucción de los PICCs parece ser la formación de vainas de fibrina en la punta o en el interior del catéter.^[136, 275] Además, también podría deducirse que la comprobación periódica de la presencia de reflujo de sangre a través del PICC es una maniobra de seguridad esencial, ya que permitiría detectar precozmente la obstrucción parcial del catéter, favoreciendo su resolución con la administración de fibrinolíticos.

En el año 2001, el ensayo clínico COOL trial (Cardiovascular thrombolytic used to Open Occluded Lines) realizado tanto en adultos como en niños, demostró altas tasas de desobstrucción con alteplasa (83-87%) con mínimo riesgo hemorrágico.^[276] Posteriormente, diferentes estudios pediátricos también confirmaron estos resultados.^[277-280] Más recientemente, algunos estudios han demostrado que el empleo periódico de soluciones sellantes con urokinasa no sólo disminuye las complicaciones obstructivas, sino que, también, podría disminuir significativamente las complicaciones infecciosas y tromboticas relacionadas con catéter.^[281-284] Recientemente el estudio de Giangregorio et al., sugiere que el empleo de soluciones de mantenimiento o perfusiones heparinizadas podría reducir las complicaciones obstructivas de los PICCs.^[285] Sin embargo, en un meta-análisis también reciente no se han encontrado diferencias en las tasas de oclusión de catéter empleando soluciones de sellado con heparina frente a soluciones con suero salino.^[286] Por este motivo, actualmente no existe consenso sobre cuál es la mejor manera de prevenir esta complicación, siendo necesarios más estudios en este sentido para encontrar las estrategias más coste-eficientes.

En base a nuestros hallazgos, consideramos que, para reducir las complicaciones por obstrucción de los PICCs, podrían ser útiles las siguientes medidas:

- Mediante la realización de una exploración ecográfica inicial del paciente, seleccionar de manera óptima el catéter y la vena, apostando siempre por conseguir el menor ratio catéter-vena posible.
- Emplear catéteres de una sola luz, siempre que sea posible.
- Lavar concienzudamente el catéter con suero salino tras cada administración de medicación o hemoderivados, para eliminar cualquier resto que pueda quedar en su interior, así como emplear tapones valvulados anti-reflujo.

- Comprobar diariamente la presencia de reflujo de sangre a través del PICC y, en caso de demostrarse la presencia de obstrucción parcial, administrar precozmente urokinasa.

3.3. Sobre los factores de riesgo relacionados con la salida del PICC.

En la mayoría de los estudios de seguimiento publicados hasta la fecha, la salida accidental del PICC supone la segunda causa más frecuente de complicación mecánica tras la obstrucción. Además, en algunas series pediátricas, ésta es una de las complicaciones que con más frecuencia conlleva la retirada precoz y no deseada del PICC.^[59]

La salida accidental del PICC es más frecuente en la población pediátrica, que en la adulta o en la neonatal, habiéndose descrito densidades de incidencia de entre 0,12 y 3 por 1000 días de catéter. La actividad motora incrementada y la curiosidad, por un lado, y el mayor riesgo de producir desplazamientos accidentales del catéter durante las curas o cambios de apósito, por otro, podrían explicar el incremento en las tasa de salida accidental del PICC en estos niños.^[4-6, 9, 86, 87, 134]

En nuestro estudio, la salida accidental del PICC ocurrió en 22 (8,3%) ocasiones, 17 (6,4%) de manera completa y 5 (1,8%) de manera parcial, siendo las densidades de incidencia para cada una de ellas 2,26, 1,74 y 0,52 por 1000 días de catéter, respectivamente (Tabla 32). Atendiendo a los resultados del análisis de regresión univariante, la salida del PICC fue significativamente más probable en niños pequeños con enfermedad crónica y/o trasplantados de órgano sólido, portadores, por tanto, del PICC más fino (Vygon Multicath 2® 3 Fr, 2 luces), especialmente cuando se insertaron proximalmente en el brazo y, sobretudo, cuando el catéter se fijó con sutura (Tabla 35). Sin embargo, en el análisis multivariante (Tabla 36), los dos factores de riesgo que se relacionaron independientemente con la salida del PICC fueron la fijación con sutura [OR 10,21 (IC95% 2,9-36,0); $p < 0,001$] y la enfermedad crónica [OR 3,17 (IC95% 1,23-8,18); $p = 0,017$]. En nuestra cohorte, 109 (41,1%) PICCs se fijaron con sutura y 156 (58,9%) con dispositivos adhesivos. En los fijados con sutura, el 59,6% se retiraron por fin del tratamiento, el 5,5% por éxitus del paciente, y el 34,9% por complicaciones. En los fijados con dispositivo adhesivo, estos porcentajes fueron, 76,9%, 9% y 14,1%, respectivamente. Comparando ambos grupos, en los PICCs fijados con sutura fue significativamente más frecuente la retirada por aparición de complicaciones, esencialmente en forma de salida accidental (39,5% Vs 9,1%; $p < 0,001$) y de malfunción (31,6% Vs 9,1%; $p < 0,001$).

Estos hallazgos confirman que el niño pequeño, tiene más riesgo de sufrir una salida accidental del PICC, especialmente cuando lo requiere por periodos de tiempo prolongados

o cuando, durante su estancia, las manipulaciones del mismo son frecuentes, como ocurre en pacientes que reciben nutrición parenteral o múltiples medicaciones, como en los pacientes con enfermedades crónicas o trasplantados.

Algunos autores han defendido la fijación con sutura como estrategia para reducir esta complicación en los niños pequeños.^[61, 145] Sin embargo, en nuestro estudio, la salida del PICC fue 10 veces más frecuente cuando el PICC se fijó con sutura que cuando se hizo con dispositivos adhesivos. De hecho, en 15 de los 17 casos de salida completa del PICC, éste se había fijado con sutura. Esto podría explicarse por haber empleado la fijación con sutura fundamentalmente en niños pequeños, en los que la salida del PICC fue mucho más frecuente. Sin embargo, en el análisis de regresión multivariante, y tras ajustar el modelo por edad, peso y sexo, la fijación con sutura mantuvo una fuerte asociación con la salida del PICC, independientemente de la edad del paciente. Este hallazgo podría tener diferentes explicaciones. Por un lado, la fijación con sutura puede favorecer la salida accidental al dar una falsa sensación de seguridad y de estabilidad, especialmente durante los cambios periódicos del apósito cobertor. Por otro lado, es frecuente que, con el paso de los días, y al quedar los puntos cubiertos por el apósito, la piel suturada se macere y, de por este motivo, se suelte el punto. Sin embargo, no podemos sacar conclusiones firmes en este punto, ya que, en nuestro estudio, no investigamos específicamente la causa que había motivado la salida del PICC. Además, al no haber aleatorizado el tipo de fijación, tampoco podemos establecer conclusiones claras sobre cuál de los dos métodos de fijación podría ser más ventajoso en determinados pacientes o grupos de edad. Lo que sí queda claro es que, incluso fijándose el catéter con sutura, la complicación por salida es frecuente en niños pequeños. Por otro lado, publicaciones recientes han demostrado que el empleo de fijadores adhesivos, libres de sutura, puede reducir significativamente la tasa de infección relacionada con el PICC, siendo, además, más comfortable para el paciente.^[143] Además, como también demuestra nuestro estudio, la fijación del PICC con sutura conlleva un riesgo significativamente mayor de desarrollar trombosis en la vena canalizada [OR 3,41 (IC95% 1,36-8,59; p=0,009)].

Quedando esto pendiente de aclarar en futuros estudios específicamente diseñados, sí parece razonable sugerir que, de cara a reducir esta complicación, la inserción del catéter debe realizarse en el tercio medio del brazo, especialmente cuando los tiempos de permanencia estimados sean prolongados, favoreciendo la fijación con dispositivos adhesivos sobre la fijación con sutura. Por otro lado, el entrenamiento específico del personal de enfermería encargado del cuidado del catéter, especialmente en lo que se refiere a las rutinas de manipulación, parece también prioritario.

En base a nuestros hallazgos, las estrategias para prevenir la salida accidental del PICC que consideramos que podrían ser más rentables son:

- Procurar insertar el PICC en el tercio medio del brazo.
- Emplear fijadores adhesivos específicos, evitando la fijación con sutura en la mayoría de los casos.
- Entrenar adecuadamente al personal sanitario y a los familiares que se encarguen de los cuidados del PICC, especialmente cuando se trate de niños pequeños con enfermedades crónicas, que vayan a requerir el catéter por periodos de tiempo prolongados.

IV. SOBRE LA UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA EN LA CANALIZACIÓN DE LOS PICCs.

En el siglo pasado, los PICCs se insertaban por el método ciego o de referencias anatómicas. A pesar de que, en manos expertas, esta técnica conseguía la inserción exitosa en un porcentaje importante de casos, siendo las complicaciones relativamente escasas, la inserción del PICC se podía realizar exclusivamente en localizaciones en las que las venas se palpaban o se veían. Así, era habitual que para su canalización se emplearan las venas superficiales de la fosa antecubital, del antebrazo o, incluso del cráneo. En estas localizaciones, las complicaciones en forma de salida, desplazamiento, rotura u obstrucción del PICC, así como las flebitis y las trombosis eran frecuentes y limitaban su uso.^[205]

En los primeros años del presente siglo, coincidiendo con la gran difusión de la ecografía para el guiado de procedimientos invasivos a pie de cama, se comenzó a generalizar también su uso para la canalización de PICCs. En pocos años, diversos estudios confirmaron que esta técnica permitía la canalización en muchas más localizaciones, donde las venas ni se veían ni se palpaban (i.e. venas profundas del brazo o de la pierna) y que, además, la tasa de éxito en su colocación era significativamente más elevada que con la técnica ciega, y las complicaciones durante el procedimiento prácticamente inexistentes.^[71, 205, 206] Actualmente, las guías de consenso internacional recomiendan la técnica de inserción ecoguiada como la de elección a la hora de implantar PICCs tanto en adultos como en niños.^[54, 61, 145]

La utilización de los ultrasonidos como método de guiado en la inserción del PICCs en pacientes pediátricos, fue descrita por primera vez en el año 1995 por Donaldson JS et al., consiguiendo una tasa de éxito durante procedimiento muy elevada (98%).^[122] Posteriormente, diferentes publicaciones han avalado su utilidad en el paciente pediátrico.^[47, 70, 128, 199] Recientemente, de Carvalho Onofre PS et al., compararon la técnica de canalización ecoguiada frente a la técnica ciega para la inserción de PICCs, en un ensayo clínico controlado y aleatorizado con 42 pacientes pediátricos, demostrando que la técnica ecoguiada conseguía un incremento significativo en las tasas de éxito de canalización global (85,7% Vs 52,4%) y en primera punción (90,5% Vs 47,6%), así como una importante reducción en la duración del procedimiento (20 Vs 59 minutos).^[127]

La mayoría de los estudios mencionados han evaluado el método dinámico de ecoguiado, durante el cuál, el operador monitoriza en tiempo real y de manera continua la progresión de la aguja. Por el contrario, con el método estático de ecoguiado, la ecografía sólo se emplea para identificar la localización del vaso objetivo, realizando una marca en la piel que indica su posición. Posteriormente, el proceso de inserción de la aguja se realiza sin guiado ecográfico, con técnica ciega. Aunque este método ha demostrado ser beneficioso frente al método ciego, en la inserción de catéteres centrales de inserción central, en la canalización de venas periféricas, especialmente de pacientes pediátricos, su utilidad no está tan contrastada. En este sentido, Abddeyazdan et al., no encontraron beneficio al utilizar la técnica de ecoguiado estático frente a la técnica ciega, en un estudio realizado sobre 52 recién nacidos prematuros, con peso inferior a 1500 gr.^[287]

Sin embargo, estudios realizados en neonatos comparando la técnica de ecoguiado dinámica (en tiempo real) frente a la técnica ciega, sí que han demostrado mayor tasa de éxito global y en primera punción, así como menor duración del procedimiento con el primer método.^[288]

En nuestro estudio la ecografía se empleó en dos momentos claves del proceso de canalización del PICC. En primer lugar, para realizar la evaluación ecográfica inicial del capital venoso central y periférico del niño y, en segundo lugar, para realizar el guiado ecográfico de la aguja durante la canalización de la vena periférica, y del PICC durante la inserción.

Considerando nuestros resultados, creemos obligada la realización de una exploración ecográfica inicial del capital venoso central y periférico en todos los pacientes que se propongan para recibir un un PICC. Sólo conociendo la disposición anatómica, el calibre y la permeabilidad de las venas de cada paciente particular, se puede establecer la conveniencia e indicación de la inserción del PICC. Esta evaluación puede ser crucial y especialmente

rentable, en determinados grupos de pacientes, como los enfermos crónicos, con antecedentes de veno-punciones múltiples, o aquellos con antecedentes de canalizaciones previas de PICCs o catéteres tunelizados de larga duración, en los que las trombosis y el agotamiento vascular prematuro pueden limitar o contraindicar el uso de los PICCs.^[94]

Además, la evaluación ecográfica inicial es decisiva para poder seleccionar la vena a puncionar, la localización de la punción y, muy especialmente, el calibre del PICC.

Diferentes estudios han demostrado que, frente a otros vasos de la extremidad superior, la inserción de los PICCs en la vena basilica, a nivel del tercio medio del brazo, donde ni se ve ni se palpa, conlleva menos complicaciones y procura mayor confort al paciente.^[11, 60, 70] En comparación con la vena humeral, la sección de la basilica suele ser mayor y el riesgo de lesión de la arteria o los nervios durante su canalización es muy inferior. Con respecto a la vena cefálica, de nuevo la basilica suele tener mayor diámetro, su curso es menos tortuoso y está menos expuesta a compresiones extrínsecas.

Por otro lado, la inserción de los PICCs en la zona media del brazo (“green zone” de Dawson) parece claramente más conveniente que a nivel de la fosa antecubital, del hueco axilar o del antebrazo, pues favorece la fijación sin sutura y el confort, reduciendo las complicaciones mecánicas, infecciosas y trombóticas, como también se confirma en nuestro estudio.^[245] Por tanto, cuando la evaluación ecográfica inicial demuestre que las venas basilicas están permeables y tienen calibre suficiente, serán las que se elijan en primer lugar, considerando de elección aquella de mayor calibre, curso menos tortuoso, con menos válvulas o localizada en el brazo más deseable según las características anatómicas o las preferencias del paciente.

Además, la evaluación ecográfica inicial nos parece imprescindible ya que, conociendo el calibre real de las venas periféricas del paciente, es la única manera en la que se puede establecer el calibre óptimo del PICC a insertar, que, en base a los hallazgos de nuestro estudio, será aquél que consiga un ratio catéter-vena inferior a 0,33. Como se discutió en las secciones anteriores, conseguir este objetivo es prioritario, ya que no solo las complicaciones trombóticas sino, también, las infecciosas y las mecánicas relacionadas con el PICC, serán claramente inferiores. Para conseguirlo, creemos clínicamente útil recordar y aplicar la sencilla regla que establece que “el calibre del PICC en French, no debe ser superior al calibre de la vena en milímetros”. En este punto, creemos firmemente que la inserción de PICCs a ciegas, sin tener en cuenta el tamaño real de las venas para seleccionar el calibre del catéter, es una práctica que debería abandonarse, especialmente en pacientes pediátricos, considerando los riesgos claramente mayores que conlleva.

Por otra parte, la ecografía es clave durante el proceso de inserción del PICC, propiamente dicho. En nuestro estudio, la tasa de éxito global en la canalización fue muy elevada (97,7%), puncionándose solo una vena en la mayoría (89%) de los procedimientos, lo que está en consonancia con lo publicado en otras series pediátricas. [47, 70, 122, 128, 199] Sin embargo, la tasa de éxito en la inserción en función del número de intentos fue de 48,7% tras el primero, 73,2% tras dos intentos y de 87,9% tras tres intentos (Figura 53).

Hasta donde conocemos, tan sólo un estudio pediátrico ha evaluado la tasa de éxito en la colocación de PICCs en función del número de punciones, utilizando la técnica ecoguiada. En este sentido, en el estudio de Carvalho Onofre PS et al., en el que se evaluó la técnica ecoguiada frente a la ciega para la inserción de PICCs en 42 niños (mediana de edad 2,3 años), realizándose los procedimientos por personal de enfermería especialmente entrenado, se describió una tasa de éxito en primera punción con la técnica ecoguiada del 90,5%, muy superior a la conseguida con la técnica ciega (47,6%). [127] Esta tasa de éxito tan elevada, quizás puede ser explicada por el hecho de que el personal de enfermería encargado de la canalización de los PICCs, había recibido formación específica en el uso de la ecografía, y contaba con amplia experiencia previa en la inserción de los PICCs.

En este sentido, y como se comentará más adelante, en nuestro estudio también hemos demostrado que, con vistas a mejorar la tasa de éxito en primera punción, la experiencia del operador es decisiva. Así, en los procedimientos realizados por un operador (médico), la tasa de éxito en primera punción mejoró significativamente, desde el 44% hasta el 69%. Sin embargo, en los procedimientos realizados por dos operadores, no existió mejoría en este parámetro a lo largo del estudio. Conseguir el éxito en la inserción del PICC en el primer intento de punción, puede reducir las complicaciones trombóticas en forma de TVS relacionada con el PICC, al minimizar la lesión producida sobre la pared del vaso.

Además, el empleo de la ecografía para la inserción del PICC puede acortar los tiempos de canalización y de procedimiento, lo que puede ser importante para reducir el consumo de recursos humanos y el sufrimiento del paciente. Sin embargo, como también se demuestra en nuestro estudio, la experiencia del operador es también decisiva en este punto. En este sentido, los tiempos de canalización y de procedimiento de los PICCs canalizados por un operador (médico) durante el último año del estudio, fueron de 1 y 20 minutos, respectivamente, similares a los publicados por de Carvalho Onofre et al. [127] Estos tiempos son similares a los empleados para la canalización de un acceso venoso central de inserción central, pudiéndose plantear la inserción ecoguiada de un PICC en situaciones de urgencia, cuando el procedimiento se realice por personal experto. No obstante, creemos que, en situaciones clínicas emergentes, en las que se requiera la instauración de un acceso

vascular inmediatamente, la vía periférica o la intraósea deben seguir considerándose las de primera elección.

Con el empleo de la ecografía durante la inserción de los PICCs, las complicaciones locales relacionadas con el procedimiento son prácticamente inexistentes, reduciéndose fundamentalmente a pequeños sangrados locales en el punto de inserción en piel del catéter, o a hematomas extravasculares o de la pared del vaso, en caso de fracaso en la canalización.^[60] La punción arterial inadvertida o la lesión nerviosa son muy excepcionales, especialmente si el vaso objetivo es la vena basilíca.

Otra de las grandes ventajas de emplear la ecografía durante la inserción de los PICCs es que, con frecuencia, permite monitorizar adecuadamente la correcta progresión del catéter.^[289] La detección de un malposicionamiento del catéter durante el procedimiento puede permitir su recolocación en el momento. De lo contrario, su detección se realizaría, en el mejor de los casos, una vez finalizado el procedimiento, y tras la realización de una radiografía de control, lo que implicaría volver a preparar el paciente, en ocasiones instaurándose de nuevo la sedación, y crear un nuevo campo estéril para reposicionar el PICC. No obstante, al menos en niños mayores y adolescentes, las estructuras óseas de la caja torácica suelen limitar la correcta visualización de la vena cava superior y, en parte, de los troncos braquiocefálicos, por lo que la posición final real de la punta del catéter no siempre se puede identificar.

En nuestro estudio, se protocolizó el empleo de la ecografía no sólo para guiar la canalización venosa sino, también, para monitorizar la correcta progresión del PICC durante la inserción. A pesar de ello, la tasa de malposicionamiento de la punta en nuestro estudio fue considerable (20,7%). Por otro lado, sólo un 34% de los catéteres se consideraron óptimamente posicionados, siendo el 45,3% restante localizaciones subóptimas (en vena cava pero no en su tercio distal o en troncos braquicefálicos). Creemos que estos resultados son, por un lado, expresión de la dificultad que conlleva la inserción óptima de PICCs en niños, siendo un factor decisivo para conseguir una posición correcta de la punta, el acertar con la longitud a insertar del PICC. En este sentido, el método de referencias anatómicas que empleamos durante el estudio podría no ser preciso. Por otro lado, nuestros resultados pueden expresar la limitación de la ecografía para evaluar correctamente las venas intratorácicas y, además, la experiencia insuficiente de los operadores del estudio.

El correcto posicionamiento de la punta del PICC es de vital importancia. En nuestro estudio, la posición no óptima de la punta del PICC aumentó aproximadamente 5 veces el riesgo de desarrollar una trombosis venosa profunda, y 7 veces el riesgo de presentar una infección relacionada con el PICC (Tablas 27 y 30).

En el estudio de Jumaní et al, en el 83,9% de los casos se posicionó la punta del PICC en posición central. La localización no central de la punta de los PICCs se asoció a la aparición de complicaciones, siendo los riesgos relativos para las localizaciones en “línea media”, “medio-claviculares” y “centrales diferentes a las de VCS o AD” de 5,57 (IC95% 4,54-6,83; $p<0,001$), 3,62 (IC95% 2,65-4,95; $p<0,001$) y 4,12 (IC95% 4,12-7,72; $p<0,001$), respectivamente.^[59] Por otro lado, Racadio et al., analizando las complicaciones de 1266 PICCs insertados en 1053 niños para la administración prolongada de antibióticos, encontraron que las posiciones no centrales de la punta, definida como aquellas posiciones diferentes a la vena cava superior, la aurícula derecha o la vena cava inferior a nivel del diafragma, se asociaban claramente a una tasa de complicaciones (28,8%) muy superior a la encontrada en el grupo de PICCs con punta en posición central (3,8%). No obstante, llama la atención que, en este estudio, y a diferencia de nuestros hallazgos, la inmensa mayoría de las complicaciones encontradas fueron de tipo mecánico, sin encontrar diferencias en la tasa de complicaciones infecciosas.^[173]

En pacientes adultos, la tasa descrita de posicionamiento no central de PICCs insertados a pie de cama del paciente, con técnica ciega, varía entre el 10%^[64] y el 40%.^[134, 170-172] Las posiciones no óptimas en las que con más frecuencia quedan alojadas las puntas de los PICCs son, por orden de frecuencia, la vena yugular interna ipsilateral (36%), la vena axilar ipsilateral (27%), la vena subclavia ipsilateral (19%) y el tronco braquiocéfálico ipsilateral (11%). Fricke et al., analizando 843 inserciones de PICCs en 698 pacientes pediátricos, realizadas por enfermeras especializadas, con técnica ciega, confirmaron que, tras la finalización del procedimiento y realizando un control radiológico, el 60% de los catéteres no estaban alojados correctamente en posición central (fuera de la VCS o AD), y que, con la ayuda de la radioscopia, la punta pudo reposicionarse de manera óptima hasta en el 90,2% de los casos (Figura 26). Ante estos hallazgos, estos autores concluyen defendiendo la colocación de los PICCs con guía radioscópica en salas de radiología intervencionista.^[65]

Por último, las complicaciones a distancia producidas durante el procedimiento, y generalmente relacionadas con el malposicionamiento del catéter o la lesión de estructuras vasculares por las guías metálicas, también pueden minimizarse y, en el peor de los casos, detectarse precozmente con el uso de la ecografía durante el procedimiento de inserción de los PICCs. En este sentido, antes de dar por finalizado el procedimiento, la ecografía puede permitir descartar la mayoría de las complicaciones potencialmente graves (neumotórax, hemotórax y taponamiento cardiaco), siendo su sensibilidad mucho mayor que la de la radiografía simple de tórax.^[290]

En base a los resultados obtenidos en nuestro estudio, creemos que la utilidad de la ecografía en la canalización de los PICCs en niños ha quedado demostrada, y que su aplicación en niños es incuestionable, ya que permite:

- Evaluar inicialmente el capital venoso central y periférico, lo que es básico para conocer la disposición anatómica, el calibre y la permeabilidad de las venas del paciente, y para establecer la conveniencia e indicación de la inserción del PICC.
- Optimizar la elección del vaso a canalizar y, muy especialmente, del calibre del PICC a insertar, con objeto de conseguir el menor ratio catéter-vena posible.
- Aumentar el porcentaje de éxito en la inserción, global y en primera punción, y reducir el tiempo de canalización y procedimiento.
- Favorecer el posicionamiento en el tercio medio del brazo, que es clave para reducir las complicaciones, favorecer la fijación sin sutura y aumentar el confort del paciente.
- Eliminar casi por completo el número de complicaciones locales durante la inserción.
- Reducir la tasa de malposicionamiento de la punta.

V. SOBRE LA UTILIDAD DE LA ECOGRAFIA EN EL SEGUIMIENTO DE LOS PICCs.

Ningún estudio publicado hasta la fecha ha evaluado específicamente la utilidad de la ecografía, y su coste-beneficio, en el seguimiento ecográfico de los niños portadores de PICCs.

Hasta donde conocemos, el empleo sistemático de los ultrasonidos durante el seguimiento de niños portadores de PICCs sólo se había descrito previamente en el estudio publicado por Dubois et al.^[161] Estos autores, analizando una población de 214 niños, detectaron la presencia de TVP relacionada con el PICC en 20 de ellos (9,35%; 3,85 por 1000 días de catéter), siendo muy llamativo que tan solo 1 de los 20 había presentado síntomas.

En nuestro estudio la tasa global de trombosis fue superior (33,2%; 9,03 por 1000 días de catéter) a la publicada por este autor, ya que estudiamos no solo los casos de TVP (8,3%; 2,25 por 1000 días de catéter) sino, también, los de TVS (24,9%; 6,78 por 1000 días de catéter). Coincidiendo con lo descrito por Dubois et al., en nuestro estudio, alrededor del 90% de los pacientes que presentaron una TVS, y el 82% de los que presentaron un TVP, estaban completamente asintomáticos en el momento del diagnóstico. Como comentamos

previamente, si solo hubiéramos realizado exploraciones ecográficas a los pacientes sintomáticos, 9 de cada 10 TVS y 8 de cada 10 TVP no hubieran sido detectadas.

Sin embargo, aunque el valor de la ecografía en la indentificación de las trombosis es incuestionable, recomendar el seguimiento ecográfico sistemático de todos los niños portadores de PICCs implicaría un coste y un consumo de recursos muy elevados, especialmente en aquellos centros con alto volumen de inserción de PICCs. En este sentido, y atendiendo a la cronología de la trombosis relacionada con el PICC descrita en nuestro estudio, el periodo de tiempo en el que podría ser más rentable emplear la monitorización ecográfica, sería aquel comprendido entre la segunda y la cuarta semana de permanencia del catéter, ya que la mayoría de las TVS aisladas se desarrollan entre los 7 y los 21 días de permanencia del catéter, y la mayoría de las TVP, lo hacen entre los 15 y los 30 días.

En nuestra opinión, y atendiendo a nuestros hallazgos, un uso racional de la ecografía en el seguimiento de los PICCs podría consistir en la realización de tres exploraciones regladas, una a los 14 días, otra a los 30 días y la última en el momento de la retirada del PICC (Figura 85). En nuestro estudio, a los 14 días, ya se habían detectado casi el 70% de las TVS aisladas y el 40% de las TVP (el 30% de las TVP aisladas y casi el 50% de las TVP asociadas a TVS), mientras que a los 30 días se habían diagnosticado el 86% de las TVS aisladas y el 68% de las TVP (80% de las TVP combinadas y el 43% de las TVP aisladas). Más allá del mes de permanencia, la trombosis relacionada con el PICC es poco frecuente, por lo que si no existe trombosis en este momento, podría ser razonable no realizar más controles hasta la retirada. No obstante, en periodos de permanencia muy prolongados, la forma de TVP aislada sintomática es relativamente más probable, por lo que, ante cualquier síntoma debería realizarse una evaluación ecográfica para confirmar o descartar su presencia.

Sin embargo, desconocemos realmente cuál es la importancia de detectar precozmente la presencia de trombosis asintomáticas en niños portadores de PICCs, sobretodo cuando la vena afectada es únicamente la superficial.

Hasta el momento no se han publicado recomendaciones o guías de consenso que especifiquen como manejar las TVS relacionadas con PICCs y, hasta donde nosotros sabemos, este es el primer estudio que, específicamente, ha investigado su incidencia, los factores relacionados con su desarrollo y su posible implicación clínica. En este sentido, la detección de una TVS asintomática en nuestro estudio, no motivó ni la retirada del catéter, ni la administración de anticoagulantes para intentar resolver la TVS o para intentar prevenir su progresión a una TVP. Sin embargo, como se comentó previamente, en nuestro estudio demostramos que la presencia de una TVS fue el factor de riesgo más robustamente

asociado al desarrollo de TVP. De esta manera, cuando la TVS estuvo presente, el riesgo de desarrollar una TVP fue entre 7 y casi 9 veces superior, que cuando la vena superficial no estuvo trombosada. Además, demostramos que, en la mayoría de los casos, la TVP (68,2%) se asoció a la presencia de una TVS que, habitualmente (73,3% de los casos), se había desarrollado previamente [mediana de progresión de una a otra de 13 días (RIC 3-24)].

Por otro lado, cuando se detecta una TVP, las guías de consenso actuales recomiendan la retirada del PICC y la administración de anticoagulantes durante, al menos, 3 meses.^[222] Sin embargo, en nuestro estudio, a pesar de que la presencia de una TVP se detectó en el 8,3% de los pacientes, ésta motivó su retirada solo en el 3,4% (IR 0,92 por 1000 días de catéter) de ellos, convirtiéndose así en la complicación que con menos frecuencia obligó a la retirada de los PICCs en nuestra cohorte. Además, en nuestro estudio no identificamos ni sospechamos ningún episodio de tromboembolismo pulmonar en ningún paciente, y ninguno de los fallecimientos fue consecuencia de complicaciones relacionadas con el PICC.

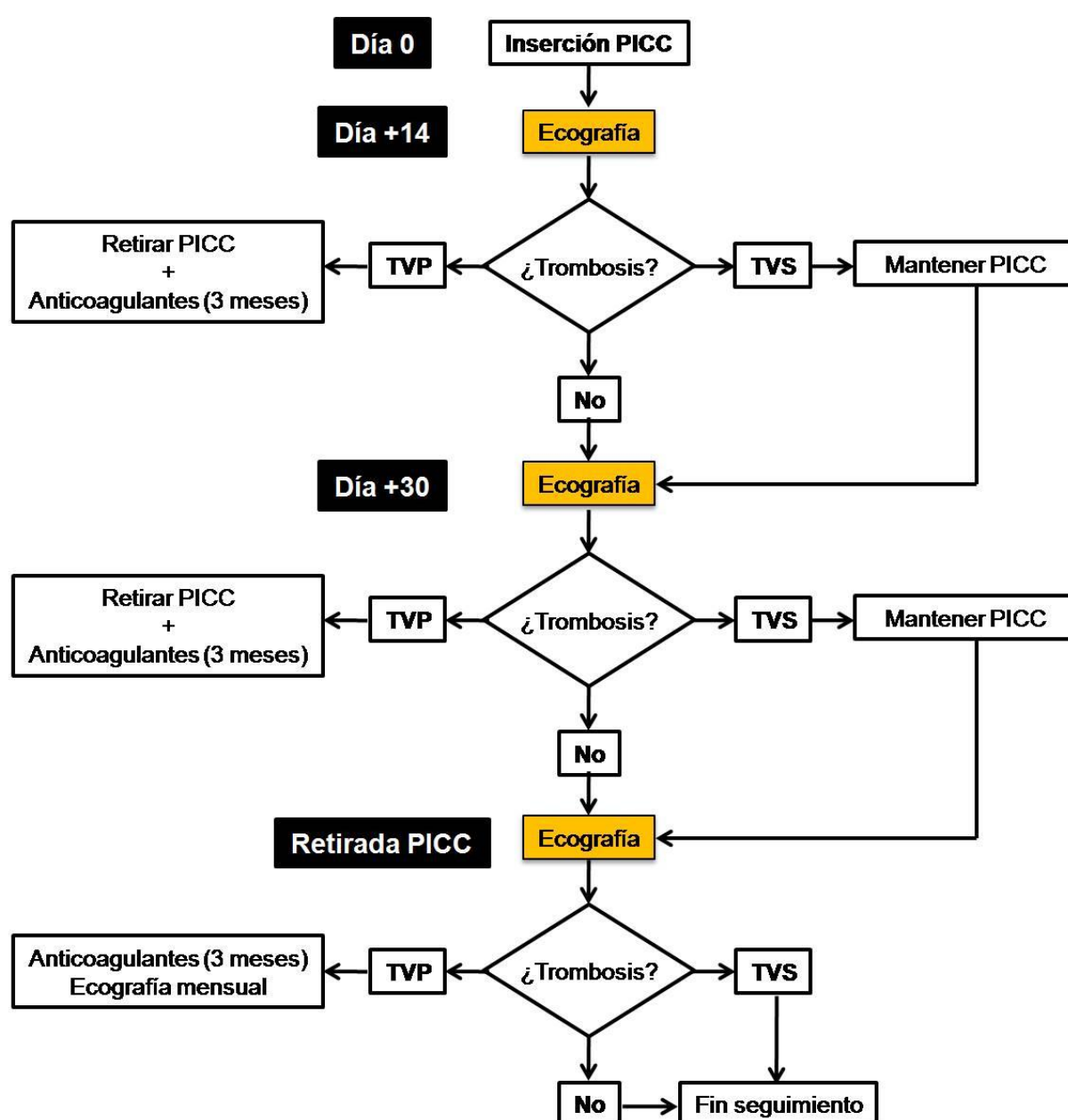
Aunque algunos autores también han descrito que el tromboembolismo pulmonar y el síndrome posttrombótico son excepcionales en pacientes con TVP relacionada con PICCs,^[221, 291] otros estudios han advertido de que las trombosis que afectan a las extremidades superiores pueden generar embolias pulmonares asintomáticas hasta en un tercio de los casos y sintomáticas hasta en el 9%.^[292, 293]

Todo lo anterior suscita el dilema de si es necesario prevenir, detectar precozmente y tratar las trombosis relacionadas con los PICCs, al menos en lo que respecta a las TVP. Dado que no existen recomendaciones ni documentos de consenso en este sentido, se explica que el manejo clínico de esta situación en los centros pediátricos con experiencia todavía hoy muy variable.^[76] Para dificultar todavía más las cosas, las guías más recientes de la American College of Chest Physicians (ACCP), establecen una fuerte recomendación de no instaurar trombopprofilaxis en niños con catéteres venosos centrales, en base a la escasa evidencia científica que soporte su utilización y por el riesgo de complicaciones hemorrágicas que conlleva.^[222] Sin embargo, algunos estudios recientes centrados en PICCs, sugieren que la trombopprofilaxis con diferentes regímenes anticoagulantes sí puede reducir la tasa de TVP relacionada con los PICCs.^[294, 295] Además, también algunos autores han descrito menores tasas de TVP relacionadas con PICCs con el uso de antiagregantes como aspirina o clopidogrel.^[296]

Por tanto, son necesarios más estudios que investiguen específicamente la utilidad y la indicación de la trombopprofilaxis en pacientes con PICCs. En este sentido, creemos que, en vista de nuestros resultados, podría ser interesante la realización de un estudio aleatorizado

en el que, seleccionando niños portadores de PICCs con riesgo elevado de trombosis (i.e., aquellos con ratios catéter-vena $>0,33$, o aquellos que desarrollen una TVS durante las primeras 4 semanas de permanencia) se investigara la utilidad de la profilaxis antitrombótica.

Figura 85. Propuesta de algoritmo de seguimiento ecográfico de los niños portadores de PICCs.



Valorar tromboprofilaxis:

- Durante toda la permanencia si el ratio catéter-vena es $>0,33$
- Tras la detección de una TVS.

Además de lo expuesto para la tromboprofilaxis, hoy en día también existen muchas incógnitas en lo relativo al tratamiento con anticoagulantes de las trombosis relacionadas con los PICC, especialmente en lo que respecta a la indicación, tipo de fármaco, duración y monitorización de la terapia. De hecho, la mayoría de las recomendaciones actuales para el tratamiento de las trombosis en niños, se han extrapolado de estudios realizados en adultos con TVP de las extremidades inferiores o en adultos oncológicos con eventos tromboembólicos recurrentes.^[159]

Sin embargo, lo cierto es que se desconoce cuál es la evolución natural de las trombosis una vez se ha retirado el PICC. En un estudio reciente publicado por Gasior et al., 20 niños diagnosticados de TVP relacionada con el PICC fueron tratados con diferentes regímenes anticoagulantes durante una media de 3,3 meses, observando la resolución del trombo en el 65% de los casos, en un tiempo medio de 2 meses. Además, ningún paciente presentó ninguna secuela a largo plazo como consecuencia de haber presentado la trombosis.^[234] Dado que el seguimiento de los pacientes de nuestro estudio finalizó con la retirada del PICC, no pudimos obtener información ni sobre el manejo clínico posterior de los niños con trombosis, ni sobre la evolución a largo plazo de los trombos en función de si se instauró o no tratamiento con anticoagulantes. No obstante, dado que sí conocemos cuáles son los pacientes afectados, estamos muy interesados en desarrollar próximamente un estudio en el que evaluemos específicamente estos aspectos.

En relación con esto último, otro aspecto a destacar de nuestro estudio es que, gracias a la realización de un estudio ecográfico en el momento de la retirada del PICC, conocimos que únicamente el 66,8% de los pacientes presentaban un sistema venoso libre de obstrucción trombótica, y que, en el resto, la obstrucción del vaso era casi siempre completa. Este hallazgo creemos que es de gran importancia desde el punto de vista clínico, ya que, en consecuencia, un porcentaje considerable de los niños que reciben un PICC, van a sufrir una obstrucción completa de las venas en las que se aloja, pudiendo generar, por tanto, un agotamiento prematuro de su capital venoso periférico y central, dificultando así la colocación de nuevos accesos vasculares en el futuro. En un estudio publicado recientemente, Yang RY et al. demostraron que en los pacientes que habían recibido múltiples inserciones de PICCs, existía un agotamiento progresivo de su capital vascular, como consecuencia de la acumulación de complicaciones trombóticas.^[241] También, Braswell LE et al. encontraron obstrucciones en las venas centrales en el 7,9% de los niños que habían recibido PICCs de 3Fr y en el 13% de los que habían recibido PICCs de 4 y 7 Fr.

[242]

Por tanto, la posibilidad de generar obstrucciones trombóticas irreversibles en las venas canalizadas con PICCs es una realidad, y debe ser tenido en cuenta a la hora de indicar su inserción, especialmente en niños con patologías crónicas o complejas, en los que interesa especialmente preservar su capital venoso periférico y central.^[243]

Teniendo esto en consideración, creemos muy recomendable la realización de una evaluación ecográfica sistemática de la extremidad canalizada en el momento de la retirada del PICC, pues es la mejor manera de detectar la localización y la extensión de las obstrucciones trombóticas residuales. Esto, además de ser esencial para evaluar la necesidad administrar tratamientos trombolíticos o anticoagulantes, podría ser también muy útil para alertar sobre el estado del sistema venoso del paciente de cara a futuras canalizaciones.

Por último, la ecografía también puede ser de utilidad en el seguimiento para, en el momento en el que se presente una malfunción del PICC, intentar identificar algunas de las causas que la generan. En este sentido, la ecografía podría ser útil para identificar aquellos casos de obstrucción no trombótica de tipo extraluminal (acodamientos, malposicionamientos, etc), lo que permitiría reposicionarlo y comprobar si, con ello, se resuelve la obstrucción. Además, un estudio eco-doppler podría también identificar aquellas obstrucciones generadas por una TVP que afecte a la vena en la que se aloje la punta del PICC, pudiéndose entonces decidir si se intenta la desobstrucción del vaso mediante la administración de anticoagulantes o fibrinolíticos o, en caso contrario, si se debe retirar el catéter. Dado que, como también se demuestra en nuestro estudio, la malfunción es la complicación más frecuentemente relacionada con los PICCs, la realización de un estudio ecográfico a todos los pacientes que la presenten podría consumir demasiado tiempo y recursos. En nuestra opinión, un manejo más racional de la malfunción de los PICCs podría ser el reservar el uso de la ecografía para aquellos pacientes en los que, tras un primer intento de desobstrucción con fibrinolíticos (i.e. urokinasa), no se consiga resolver la obstrucción del catéter.

Por tanto, en base a los hallazgos de nuestro estudio, creemos que la ecografía también es útil en el seguimiento de los niños portadores de PICCs, ya que permite:

- Detectar las trombosis relacionadas con los PICCs que, en su gran mayoría, son clínicamente silentes.
- Evaluar el capital venoso periférico y central tras la retirada del PICC.
- Detectar malposicionamientos de la punta, acodamientos del catéter o la presencia de una TVP en pacientes que presenten una malfunción del PICC.

VI. SOBRE EL IMPACTO DEL NUMERO DE OPERADORES EN EL ÉXITO DE INSERCIÓN DEL PICC Y EN LA APARICIÓN DE COMPLICACIONES DURANTE SU PERMANENCIA.

Son muchos los estudios, incluyendo el nuestro, que han demostrado que la canalización ecoguiada de los PICCs aumenta muy significativamente la tasa de éxito en la inserción, y reduce casi a cero la tasa de complicaciones durante el procedimiento. Por este motivo, actualmente la canalización ecoguiada se considera la técnica de elección para la colocación de PICCs tanto en adultos como en niños.^[54]

Sin embargo, hasta la fecha, no se había estudiado si el ecoguiado debía hacerlo el propio canalizador o si, por el contrario, era más conveniente que un segundo operador se encargara de ecoguiar al encargado de realizar la canalización.

En nuestro caso, dado que, antes de comenzar el estudio el uso de los PICCs en nuestro hospital era anecdótico, nos encontramos con la realidad de que, en el CIP-HULP, ningún profesional sanitario tenía experiencia en la canalización ecoguiada de venas periféricas ni en la inserción de PICCs. Sin embargo, los médicos jóvenes sí que, desde el año 2008, empleaban con rutina el ecoguiado para la canalización de accesos venosos centrales, y, además, dominaban la técnica Seldinger para la inserción de catéteres. Por lo tanto, para ellos, la dificultad a la hora de realizar una canalización ecoguiada de un PICC sólo residía en la dificultad técnica de canalizar accesos venosos periféricos, de menor calibre que los centrales que canalizaban rutinariamente. Por otro lado, el personal de enfermería del CIP-HULP, estaba muy habituado a canalizar venas periféricas en niños críticos de todas las edades por técnica ciega, pero no tenían ningún tipo de entrenamiento ni capacitación en el uso de la ecografía. Por tanto, los médicos jóvenes eran los que conocían la técnica del ecoguiado, pero las enfermeras eran las que estaban más habituadas a canalizar las venas periféricas.

Por ello decidimos que, de cara a implantar la técnica de inserción de PICCs en nuestro Hospital, parecía razonable combinar la experiencia de ambos, encargándose el médico del ecoguiado y la enfermera de la canalización. Además, nos parecía que, de esta manera, podríamos ir generando conocimiento y experiencia en la enfermería, con vistas a que, en el futuro, ésta pudiera encargarse del procedimiento de manera autónoma.

No obstante, como el número de enfermeras de nuestro Servicio era muy abultado, y el número de PICCs que íbamos a implantar no era, previsiblemente, demasiado alto, nos parecía que la curva de aprendizaje podría ser demasiado lenta. Por este motivo, al inicio del estudio, intentamos seleccionar un grupo concreto de enfermeras que se encargara de la canalizar los PICCs, buscando formar un equipo de canalización específico, que se pudiera parecer a los “Equipos de Terapia Intravenosa” o a los “Equipos de Acceso Vascular” que ya existían en centros europeos y americanos, en los que el volumen de PICCs implantados por año era elevado. No obstante, por diferentes motivos, especialmente relacionados con la organización interna y al sistema de trabajo por turnos de la enfermería de nuestro Servicio, esto no se pudo llevar a cabo con éxito, teniendo entonces que afrontar la dificultad de desarrollar la técnica de inserción del PICC contando con una gran cantidad de personal de enfermería sin experiencia.

Decidimos entonces que, dado que la formación de la enfermería iba a ser un proceso lento, el personal médico se encargara de realizar de manera autónoma las canalizaciones potencialmente más difíciles, definiendo como tales las de los niños menores de dos años o con venas menores de 0,3 mm. Además, si el médico responsable del paciente consideraba que la canalización podía tener más riesgo de lo habitual por algún otro motivo (ej, niños inestables, con riesgo de deterioro cardiorrespiratorio por sedación prolongada, por elevado riesgo de sangrado o escaso capital venoso periférico) éste sería también el encargado de su canalización.

Al haber existido, por tanto, dos métodos de canalización (1 Vs 2 operadores) durante todo el periodo de estudio, hemos podido comparar el impacto de ambas técnicas sobre el desarrollo del procedimiento y sobre la aparición de complicaciones durante la canalización y durante la permanencia posterior del PICC.

Como se muestra en la Tabla 22, en los procedimientos realizados por un solo operador fue significativamente más frecuente que los pacientes fueran de menor peso (19 Vs 24 Kg) y que estuvieran afectados de una enfermedad crónica (76,4% Vs 60,6%) o cardíacas (18,7 Vs 8,5%). Por ello, también fue más frecuente que el PICC se fijara a piel con sutura (49,6% Vs 33,8%), que se empleara para la administración de nutrición parenteral (52,8% Vs 40,1%), que permaneciera durante periodos de tiempo más prolongados (27 Vs 17 días) y que, con más probabilidad, los pacientes fueran dados de alta a domicilio (18,7% Vs 9,2%) portando el PICC.

Por tanto, en nuestro estudio, las características clínicas de los pacientes de ambos grupos fueron diferentes. Sin embargo, en lo que respecta estrictamente a la dificultad técnica de la canalización, es razonable asumir que ambos grupos eran comparables, en base a que no

se encontraron diferencias significativas ni en el calibre de la vena a canalizar (3,3 Vs 3,4 mm), ni en el ratio catéter-vena (0,33 Vs 0,32). Teniendo esto en cuenta, conviene destacar que, los procedimientos realizados por dos operadores, fueron significativamente más lentos y precisaron mayor número de punciones para conseguir canalizar el PICC con éxito. Además, en los procedimientos realizados por dos operadores, tanto el tiempo de canalización (2 Vs 5 minutos) como el de procedimiento (25 Vs 35 minutos) fueron significativamente más prolongados, lo cual puede explicarse por la demora que supone coordinar la instrucción por parte de médico que ecoguió, con la ejecución de la acción por parte de la enfermera que realiza la punción primero, y la inserción posterior del PICC, especialmente si se tiene en cuenta que la experiencia en la inserción de PICCs de las enfermeras participantes en el estudio era escasa. Otro dato muy interesante, a nuestro juicio, es el hecho de que, comparando los tiempos de canalización y procedimiento de ambas técnicas a lo largo de los 3 años del estudio, sólo en los procedimientos realizados por un operador se demostró mejoría en el tiempo de canulación, disminuyendo su mediana de 4 minutos en 2012 a 1 minuto en 2014 (Tabla 23). El tiempo de procedimiento también disminuyó en los procedimientos realizados por 1 operador (de 25 minutos en 2012 a 20 minutos en 2014), aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Por otro lado, los tiempos de canalización y procedimiento no sólo no mejoraron con el paso de los años cuando los PICCs se insertaron por dos operadores, sino que, éste último, incluso, se incrementó, pasando de 32,5 minutos en 2012 a 40 minutos en 2014. Quizás este dato sea consecuencia de que, durante el periodo de estudio, el personal de enfermería del CIP-HULP sufrió una profunda renovación, lo que motivó que las enfermeras que canalizaban los PICCs fueran con frecuencia inexpertas, y que los médicos tuvieran que emplear un tiempo considerable en la descripción del procedimiento durante la realización.

Otro dato a destacar es que, durante todo el periodo de estudio, la tasa de éxito en primera, segunda y tercera punción fue significativamente mayor en los procedimientos realizados por un operador (Tabla 24). Además, con el transcurso de los años, el porcentaje de PICCs puestos en primera punción se incrementó muy significativamente en los procedimientos realizados por un operador, pasando del 40% en 2012 a casi el 70% en 2014, pero no se modificó en los realizados por dos.

Probablemente, estos resultados reflejan la progresiva adquisición de experiencia con la técnica de inserción ecoguiada de PICCs en el grupo de médicos, pero no así en el de enfermeras. En este sentido, el número reducido de médicos (5) que participaron en las inserciones de los PICCs durante el periodo de estudio, bien de manera autónoma en los procedimientos con 1 operador, o bien como colaborador en los procedimientos con 2 operadores, permitió aumentar su confianza y destreza con la técnica, acelerando su curva

de aprendizaje. Por el contrario, la ausencia de mejoría en los tiempos de los procedimientos realizados por dos operadores durante los 3 años que duró el estudio, probablemente se explique por el hecho de que el elevado número de enfermeras del Servicio, redujo sus posibilidades de aprendizaje de la técnica. El hecho de que durante el año 2014, cuando el personal médico contaba ya con mayor experiencia en la técnica, fuera el año con los tiempos de procedimiento más prolongados (40 minutos) en las inserciones realizadas por 2 operadores, y que la tasa de éxito en primera punción en estos casos fuera igual de baja (40%) que en el 2012, confirma que, probablemente, la ausencia de mejoría sea explicada por la inexperiencia de la enfermería.

Podemos concluir que el desarrollo de equipos específicos de acceso vascular, compuestos por unos pocos profesionales, con alto grado de especialización en la técnica, y que sean capaces de desarrollarla de manera autónoma, puede ser una estrategia decisiva a la hora de conseguir altas tasas de éxito en primera punción y tiempos de procedimiento recortados.

Los planes de formación y entrenamiento en canalización ecoguiada, empleando simuladores de alta fidelidad, pueden acelerar la adquisición de las destrezas y habilidades necesarias para ejecutar de manera óptima este procedimiento, y, lo que es más importante, mantenerlas a lo largo del tiempo, especialmente cuando el número de personas a entrenar es elevado y/o cuando el procedimiento no se realiza con frecuencia.

En este sentido, y a raíz de los resultados arrojados por el presente estudio, actualmente en nuestro Servicio se ha implantado un programa de formación específico en canalización ecoguiada de accesos venosos periféricos y de PICCs para el personal de enfermería. Este programa implica la realización de 4 cursos anuales, siendo los instructores 2 enfermeros del propio Servicio que cuentan con una amplia experiencia en la técnica. A lo largo de las 5 horas que dura cada curso, entre 6 y 8 enfermeras aprenden o practican la técnica de punción vascular ecoguiada y la inserción de un PICC, empleando el ecógrafo de la unidad y un simulador de inserción ecoguiada de PICCs de alta fidelidad (Figura 86).

Teniendo en cuenta que los PICCs canalizados por un operador estuvieron con más frecuencia expuestos a un mayor número de manipulaciones (enfermos crónicos con nutrición parenteral), durante periodos de tiempo más prolongados, y en medio extrahospitalario, se entiende que, durante su permanencia, fueran más frecuentes las complicaciones mecánicas (43% Vs 25,7%). En este sentido, también la tasa de retirada del PICC por fin del tratamiento (61,8% Vs 76,8%) fue menor, y por aparición de complicaciones fue mayor (30,1% Vs 16,2%). Además, la complicación que motivó la retirada en mayor proporción en el grupo de PICCs canalizados por un operador, fue la sospecha de infección del PICC. Sin embargo, tras la retirada del mismo y con el resultado del cultivo de la punta,

no se demostraron diferencias entre ambos grupos ni en la tasa de contaminación ni en la de bacteriemia/sepsis relacionada con el PICC. Esto podría explicarse por el hecho de que, al tratarse frecuentemente de enfermos crónicos, es más probable que sufran algún evento infeccioso intercurrente y que, por el hecho de ser portadores de un catéter de larga duración y de tener frecuentemente añadidos otros factores de riesgo de infección (nutrición parenteral, inmunosupresión, etc), enseguida se piense en PICC como posible foco de infección.

Figura 86. Imágenes del curso de formación en la canalización ecoguiada de PICCs que se realiza periódicamente en el Servicio de Cuidados Intensivos Pediátricos, y que se puso en marcha a raíz de los resultados del presente estudio.



También nos parece interesante discutir algunos aspectos que se desprenden del análisis de las complicaciones relacionadas con los PICCs encontradas en ambos grupos.

También conviene destacar que no se encontraron diferencias al comparar las tasas de complicaciones tromboticas relacionadas con el PICC encontradas en los catéteres canalizados por uno o por dos operadores. A pesar de que el número de punciones hasta el éxito fue detectado en nuestro estudio como un factor de riesgo de TVS relacionada con el PICC, y que en el grupo de PICCs canalizados por dos operadores la mediana de punciones

hasta el éxito fue significativamente mayor (2 Vs 1), el ratio catéter-vena, que es el predictor más robusto de trombosis asociada a PICC identificado en nuestro estudio, no fue mayor en el grupo de dos operadores, estando la mediana en 0,33 (riesgo bajo de trombosis).

VII. LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL ESTUDIO

1. Limitaciones.

Reconocemos que nuestro estudio presenta una serie de limitaciones que discutimos a continuación.

En primer lugar, nuestro estudio representa la experiencia de un único centro hospitalario. Además, como ya se ha discutido previamente, la población de estudio es bastante heterogénea, predominando los pacientes crónicos y con patología compleja, con necesidades terapéuticas variadas. Todo ello debe ser tenido en cuenta a la hora de interpretar nuestros resultados, ya que podría limitar su generalización. Sin embargo, también pensamos que precisamente esta heterogeneidad y complejidad refleja la realidad de la práctica clínica diaria de un centro pediátrico de tercer nivel. Por tanto, las características clínicas de los pacientes, las indicaciones y las aplicaciones de los PICCs de nuestro estudio, podrían ser similares a las encontradas en otros hospitales pediátricos de alta complejidad.

Por otro lado, el estudio analizó exclusivamente los PICCs insertados en la UCI Pediátrica mediante técnica ecoguiada, empleándose protocolos específicos de inserción, mantenimiento y seguimiento de los catéteres. Por tanto, nuestros resultados podrían no ser trasladables a otros centros en los que los PICCs sean colocados, cuidados o seguidos utilizando protocolos diferentes.

En el seguimiento de los pacientes, la primera evaluación se hizo a la semana de la inserción, por lo que, en lo que respecta a la cronología de la génesis de la trombogénesis, no podemos establecer con más precisión si el trombo comienza a formarse en el momento de la inserción del catéter, pudiendo entonces relacionarse con el trauma de la pared vascular, o durante los primeros días de permanencia, teniendo entonces más relación con el ratio catéter-vena. Por otro lado, en los pacientes en régimen ambulatorio, el seguimiento de los pacientes se adaptó a las visitas que tuvieran programada por los especialistas encargados de su tratamiento, por lo que no pudo cumplirse la sistemática semanal que establecía el protocolo del estudio. No obstante, considerando el hecho de que, en nuestra

serie, el porcentaje de pacientes dados de alta con el PICC fue bajo (14,3%) y que, como norma general, el alta a domicilio se produjo más allá del primer mes de hospitalización en la mayoría de los casos, no creemos que esto haya repercutido significativamente en los hallazgos del estudio.

Para la identificación de las trombosis relacionadas con los PICCs, se empleó el método ecográfico, como parte de la evaluación sistemática realizada durante el seguimiento de todos los catéteres del estudio. En todos los casos, estas evaluaciones fueron realizadas por el investigador principal (JJM), quien, sin ser radiólogo, sí había recibido formación y entrenamiento específico el uso de esta técnica. La realidad asistencial de nuestro hospital imposibilitó la práctica de evaluaciones ecográficas pareadas, realizadas por dos o más evaluadores independientes, lo que hubiera aumentado la solidez de los exámenes, reduciendo los sesgos interpretativos y la variabilidad intra e interobservador. Por otro lado, la sensibilidad y la especificidad de la ecografía en la detección de las trombosis de las extremidades superiores son del 78-100% y del 82-100%, respectivamente. ^[297] Sin embargo, algunos estudios han referido cierta debilidad e imprecisión de este método considerando sus limitaciones para visualizar con precisión determinados vasos, sobre todo los localizados en la región cervical baja y a nivel intratorácico (troncos braquiocefálicos y vena cava superior). Por este motivo, en nuestro estudio pueden haber pasado desapercibidas las trombosis relacionadas con PICCs situadas en estos vasos, infraestimándose así la tasa de trombosis venosa profunda. Aunque la realización de una flebografía en el momento de la retirada del PICC podría haber detectado estas trombosis, ^[161] su aplicación hubiera conllevado un consumo muy elevado de tiempo y recursos, además de la radiación de los pacientes, por lo que, considerándose un procedimiento no coste-eficiente, no se consideró necesario en el momento de diseñar el protocolo del estudio. ^[225]

2. Fortalezas.

Una de las principales fortalezas de nuestro estudio es que el tamaño de la población analizada, es considerablemente alto y superior al encontrado en la mayoría de estudios pediátricos publicados hasta el momento. ^[4-6, 7, 9, 47, 70, 86, 87, 127, 134, 161, 199]

Además, el diseño prospectivo del estudio, la presencia de definiciones estrictas de las complicaciones estudiadas, y el empleo sistemático de protocolos de inserción, cuidado y seguimiento de los catéteres, aumentan la consistencia y la fiabilidad de nuestros resultados.

Por ultimo, el empleo sistemático de la ecografía en el seguimiento de los pacientes del estudio ha permitido conocer no solo las tasas reales de las complicaciones trombóticas relacionadas con PICCs en niños, sino también arrojar luz sobre los posibles mecanismos implicados en su génesis y sobre los factores de riesgo relacionados con su aparición.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

I. SOBRE LA EFICACIA DE LOS PICCs.

1. La mayoría de los PICCs estudiados (77%) cumplieron eficazmente con la misión de permitir la administración de todo tipo de tratamientos intravenosos durante periodos de tiempo prolongados, en niños que presentaban condiciones clínicas muy diversas, sin haber generado complicaciones durante su permanencia que obligaran a su retirada o pusieran en peligro su vida.

II. SOBRE LA SEGURIDAD DE LOS PICCs.

2. La aparición de complicaciones relacionadas con los PICCs durante su permanencia fue relativamente frecuente, siendo las más habituales la obstrucción del catéter (29,5%; 8 por 1000 días de catéter) y la trombosis de la vena superficial canalizada (24,9%; 6,77 por 1000 días de catéter). No obstante, éstas pueden considerarse de carácter leve ya que, en la gran mayoría de los casos, o se resolvieron con el catéter in situ, o no obligaron a su retirada.
3. Globalmente, la aparición de complicaciones obligó a la retirada del PICC en 1 de cada 4 pacientes (23%; 6,16 por 1000 días de catéter), siendo las más frecuentes las de tipo mecánico (12,1%; 3,28 por 1000 días de catéter), seguidas por las sospechas de infección (7,2%; 1,95 por 1000 días de catéter) y las TVP (3,4%; 0,92 por 1000 días de catéter). Sin embargo, éstas afectaron con más frecuencia a los niños que portaron el PICC durante periodos de tiempo muy prolongados y en ningún caso pusieron en peligro su vida.

Sobre las complicaciones trombóticas relacionadas con los PICCs

4. La incidencia de TVS aislada relacionada con el PICCs fue elevada (24,9%; 6,77 por 1000 días de catéter), se desarrolló precozmente tras su inserción y prácticamente siempre fue clínicamente silente. La ocupación de más de 1/3 de la sección de la vena periférica con el PICC (i.e. ratio catéter-vena >0,33), fue el principal factor de riesgo para su desarrollo.

5. La TVP relacionada con el PICC fue bastante menos frecuente (8,3%; 2,26 por 1000 días de catéter). Habitualmente (2 de cada 3 casos) se presentó en combinación con una TVS de la vena canalizada, alrededor de la 3ª-4ª semana desde la inserción, siendo también casi siempre asintomática. En los pocos casos en los que la TVP se presentó de manera aislada (2,6%; 0,72 por 1000 días de catéter), su aparición fue mucho más tardía y, con más frecuencia, sintomática. El principal factor de riesgo para su desarrollo fue la existencia de una TVS en la vena canalizada (aumentó 7 veces el riesgo de TVP), especialmente si el PICC permaneció durante periodos de tiempo prolongados.
6. La mayoría de los pacientes pediátricos que sufrieron una trombosis relacionada con el PICC, presentaron una obstrucción completa del vaso afectado tras su retirada.
7. Mantener un ratio catéter-vena por debajo de 0,33 puede reducir drásticamente las complicaciones tromboticas relacionadas con los PICCs. Para poder conseguir este objetivo es esencial el empleo de la ecografía y respetar la máxima de que “el calibre del catéter en French no debe superar el calibre de la vena en milímetros”.

II.2. Sobre las complicaciones infecciosas relacionadas con los PICCs

8. Aunque la sospecha de infección relacionada con el PICC supuso el segundo motivo más frecuente de retirada del catéter, la infección sistémica relacionada con el PICC confirmada fue excepcional (2,6%; 0,71 por 1000 días de catéter), estando en niveles comparables a los descritos con los catéteres tunelizados de larga duración.
9. La mayoría de las infecciones fueron causadas por *Staphylococcus epidermidis* y se controlaron rápidamente tras la retirada del catéter, sin amenazar la vida del niño.
10. La implantación de las medidas de máxima asepsia durante la inserción y cuidado posterior de los PICCs, y la optimización del ratio catéter-vena son dos medidas esenciales para reducir esta complicación.

II.4. Sobre las complicaciones mecánicas relacionadas con los PICCs

11. Las complicaciones mecánicas (obstrucción y salida accidental) fueron las que se presentaron con más frecuencia durante la permanencia del PICC (38,3%; 10,36 por

1000 días de catéter) y, también, las que con más frecuencia obligaron a su retirada (12,1%; 3,28 por 1000 días de catéter).

12. La mayoría de las obstrucciones fueron parciales y se resolvieron con la administración de urokinasa. La selección de catéteres del menor calibre posible y de una sola luz, así como la optimización de los cuidados del PICC, son esenciales para reducir su aparición.
13. La mayoría de las salidas accidentales afectaron a niños pequeños en los que el PICC se había fijado con sutura. El empleo de fijadores adhesivos específicos podría ser más ventajoso.

III. SOBRE LA UTILIDAD DE LOS ULTRASONIDOS EN LA INSERCIÓN DE LOS PICCs.

14. La canalización ecoguiada debe recomendarse como la técnica de primera elección para la inserción de PICCs. La ecografía permite la selección de la vena y el catéter más adecuados, persiguiendo mantener el ratio catéter-vena $<0,33$. Favorece el éxito en la primera punción, la inserción en el tercio medio de brazo y la fijación con dispositivos adhesivos. Todo ello puede reducir muy significativamente las complicaciones relacionadas con PICCs en niños.

IV. SOBRE LA UTILIDAD DE LOS ULTRASONIDOS EN EL SEGUIMIENTO DE LOS PICCs.

15. Dado que casi todas las trombosis relacionadas con PICCs en niños son asintomáticas, el seguimiento ecográfico es esencial para poder identificarlas. De no emplearse, 9 de cada 10 TVS y 8 de cada 10 TVP no serán diagnosticadas.

V. SOBRE LA TÉCNICA DE INSERCIÓN ECOGUIADA DE PICCs REALIZADA POR UNO O DOS OPERADORES.

16. La inserción ecoguiada de PICCs realizada por un operador entrenado se asocia a mayores tasas de éxito en primera punción y a menor tiempo de procedimiento, que cuando se realizó por dos operadores. Por tanto, es esencial el entrenamiento específico del personal sanitario encargado de la inserción de PICCs.

RESUMEN



RESUMEN

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS: En pacientes adultos, los catéteres centrales de inserción periférica (PICCs) han demostrado ser eficaces y seguros, empleándose habitualmente para la administración de tratamientos intravenosos durante periodos de tiempo prolongados. En la última década, coincidiendo con la popularización de las técnicas de punción vascular ecoguiada, su uso en la edad pediátrica también ha aumentado considerablemente. Sin embargo, son escasos los estudios que han evaluado la eficacia y seguridad de los PICCs en niños, desconociéndose en gran medida la incidencia real y los factores de riesgo relacionados con la aparición de complicaciones.

Los objetivos de nuestro estudio fueron, por un lado, investigar la eficacia y seguridad de los PICCs en niños y, por otro, evaluar la utilidad de la ecografía en la inserción y el seguimiento de los mismos.

PACIENTES Y METODOS: Estudio observacional, prospectivo, realizado en el Hospital Universitario La Paz (Madrid, España), entre enero del 2012 y enero del 2015. La cohorte del estudio la formaron todos los niños en los que, durante el periodo de estudio, se había colocado un PICC con técnica ecoguiada en la extremidad superior. La técnica de inserción, los cuidados y el seguimiento de los catéteres se sistematizaron por el protocolo del estudio. Desde la inserción y hasta la retirada del PICC, todos los pacientes fueron evaluados semanalmente, mediante una exploración clínica y ecográfica de la extremidad canalizada. Se recogieron variables relacionadas con las características clínicas y sociodemográficas de los pacientes, así como otras relacionadas con el procedimiento de inserción y con el seguimiento del catéter.

Con objeto de establecer la eficacia de los PICCs, se investigaron tanto el tiempo de permanencia, como los motivos de retirada de los mismos. Para evaluar su seguridad, se analizaron la incidencia y los factores de riesgo de las complicaciones trombóticas, infecciosas y mecánicas relacionadas con su presencia. Para determinar la utilidad de los ultrasonidos en la inserción de los PICCs se estudiaron, por un lado, los porcentajes de éxito global y en primera punción y, por otro, las complicaciones relacionadas con la inserción, analizando también el impacto del número de operadores encargados del procedimiento. Por último, la utilidad de la ecografía en el seguimiento de los PICCs se evaluó en base a la capacidad para detectar complicaciones trombóticas clínicamente silentes.

RESULTADOS: En el periodo de estudio, se insertaron con éxito un total de 265 PICCs en 212 pacientes [mediana de edad 78 meses (RIC, 29-156); mediana de peso 20 Kg (RIC, 11-38); 143 varones (54%); 180 (67,9%) enfermos crónicos]. La mediana de tiempo de permanencia fue de 21 días (RIC 12-37) y el tiempo acumulado de seguimiento de la cohorte fue de 9.743 días. La mayoría de los catéteres se colocaron en la vena basílica (89,4%) del brazo derecho (55,1%), y en la región central (68,6%) de los brazos. La mediana del diámetro de la venas canalizadas fue de 3,4 mm (RIC 2,8-4,2) y la mediana del ratio catéter-vena de 0,32 (RIC 0,29-0,36).

La mayoría de las complicaciones relacionadas con los PICCs fueron de carácter leve, ya que, o se resolvieron con el catéter in situ, o no obligaron a su retirada. De éstas, las más habituales fueron la obstrucción (29,5%; 8 por 1000 días de catéter) y TVS aislada (24,9%; 6,77 por 1000 días de catéter). En consecuencia, la mayoría de los PICCs (69,9%) se retiraron tras haber finalizado con éxito el tratamiento por el que se habían insertado. No obstante, el 23% (6,16 por 1000 días de catéter) de los pacientes presentaron complicaciones relacionadas con el PICC que obligaron a su retirada, siendo éstas más habituales en los catéteres insertados durante periodos de tiempo prolongados. De ellas las más frecuentes fueron las complicaciones mecánicas (12,1%; 3,28 por 1000 días de catéter), seguidas por la sospecha de infección (7,2%; 1,95 por 1000 días de catéter) y las TVP (3,4%; 0,92 por 1000 días de catéter). No obstante, en ningún caso pusieron en peligro la vida del paciente.

Con respecto a las complicaciones tromboticas, la TVS aislada fue la complicación trombotica más frecuente relacionada con el PICC. Se desarrolló precozmente tras su inserción (2^a-3^a semana) y casi siempre fue asintomática (10,6%). La TVP fue bastante menos frecuente (8,3%; 2,26 por 1000 días de catéter), en la mayoría de los casos (68%) se presentó en combinación con una TVS de la vena canalizada (5,7%; 1,54 por 1000 días de catéter) y en un momento algo más tardío (3^a-4^a semana) desde la inserción del PICC, siendo también en estos casos casi siempre asintomática (6,7%). Sin embargo, en los pocos casos en los que la TVP apareció de manera aislada (2,6%; 0,72 por 1000 días de catéter), ésta se presentó mucho más tardíamente y fue, generalmente, sintomática. El factor de riesgo más robustamente asociado al desarrollo de TVS aislada y, también, el de más interés clínico, fue el ratio catéter-vena [OR 1,15 (IC95% 1,08-1,23) $p < 0,001$]; HR 1,12 (IC95% 1,07-1,17) $p < 0,001$]. Cuando su valor fue superior a 0,33, la probabilidad de trombosis aumentó significativamente. Por otro lado, los principales factores de riesgo relacionados con la TVP fueron la existencia de TVS en la vena canalizada [OR 7,01 (IC95%

2,47-19,89) $p < 0,001$; HR 8,67 (3,34-22,56) $p < 0,001$] y el tiempo de permanencia del PICC prologado [OR 1,01 (1,00-1,01) $p = 0,009$].

Además, en el momento de la retirada de los PICCs, la mayoría (68,2%-81,8%) de los pacientes pediátricos que habían sufrido una trombosis presentaron una obstrucción completa del vaso afectado.

La sospecha de infección relacionada con el PICC supuso el segundo motivo más frecuente de retirada del catéter (7,2%), presentándose alrededor del mes de permanencia. Sin embargo, la infección sistémica relacionada con el PICC se confirmó en menos de la mitad de los casos en los que se había sospechado (2,6% 0,71 por 1000 días de catéter), y no conllevó riesgo para la vida del paciente en ningún caso. El *Staphylococcus epidermidis* fue el germen más habitual y los factores de riesgo más importantes fueron el tiempo de permanencia prolongado, el ratio catéter/vena elevado, la fijación del PICC con sutura y la presencia de TVP.

Las complicaciones mecánicas fueron las más frecuentemente relacionadas con la permanencia de los PICCs (38,3%; 10,36 por 1000 días de catéter), siendo la obstrucción del catéter (29,5%; 8 por 1000 días de catéter) la más frecuente de este grupo. No obstante, la mayoría de las obstrucciones fueron parciales, y se resolvieron con la administración de urokinasa. Además, las complicaciones mecánicas también supusieron el motivo más frecuente de retirada del PICC (12,1%; 3,28 por 1000 días de catéter), generalmente en forma de salida accidental o de obstrucción completa del catéter. Los factores de riesgo relacionados con la obstrucción del PICC fueron el ratio catéter/vena elevado, la permanencia prolongada del catéter, la presencia de enfermedad crónica y el catéter multilumen.

Con el empleo de los ultrasonidos en la canalización de los PICCs se consiguió una tasa de éxito en la inserción del 97,7%. Además, su empleo fue determinante durante la evaluación inicial del capital venoso del paciente, lo que permitió seleccionar la vena y el catéter más adecuados, buscando conseguir el menor ratio catéter-vena posible. Además, favoreció la inserción en el tercio medio de brazo y la fijación con dispositivos adhesivos.

Además, gracias al empleo de los ultrasonidos en el seguimiento de los PICCs, fue posible identificar una proporción elevada de complicaciones trombóticas clínicamente silentes. De no haberse utilizado, 9 de cada 10 TVS y 8 de cada 10 TVP no hubieran sido diagnosticadas.

Por último, cuando la inserción fue realizada por un solo operador, la tasa de éxito en primera punción fue significativamente mayor, y los tiempos de canalización y procedimiento significativamente menores.

CONCLUSIONES: Los PICCs son dispositivos eficaces y seguros en la edad pediátrica. En la mayoría de las ocasiones permiten administrar tratamientos intravenosos durante periodos de tiempo prolongados sin presentar complicaciones importantes. Las complicaciones más frecuentemente relacionadas con su uso son la obstrucción parcial y la trombosis venosa superficial, y no implican la retirada precoz del catéter ni amenazan la vida del paciente. Las que conllevan la retirada prematura del PICC con más frecuencia son la salida accidental, la obstrucción completa y la sospecha de infección. No obstante, las infecciones sistémicas confirmadas y las TVP relacionadas con los PICCs son muy poco frecuentes, y suelen afectar a catéteres insertados durante periodos de tiempo prolongados. El ratio catéter-vena es el factor de riesgo con más impacto sobre el desarrollo de complicaciones y es, además, el más controlable en la práctica clínica. Conseguiendo un valor $<0,33$, mediante el empleo sistemático de la ecografía para seleccionar el tamaño óptimo del PICC, se podrían reducir muy significativamente las complicaciones relacionadas con los PICCs en niños. Además con el uso de la ecografía durante la inserción de los PICCs se obtienen altas tasas de éxito, siendo las complicaciones del procedimiento prácticamente nulas. Por otro lado, dado que la mayoría de las complicaciones trombóticas en el niño son clínicamente silentes, el empleo de los ultrasonidos durante el seguimiento de los PICCs puede permitir su detección precoz, permitiendo plantear la conveniencia de administrar tratamientos anticoagulantes. Por ello, es de capital importancia formar y capacitar específicamente en el uso de la ecografía al personal sanitario encargado de su inserción y cuidado posterior.

BIBLIOGRAFIA



BIBLIOGRAFÍA

1. Funk D, Gray J, Plourde PJ. Two-year trends of peripherally inserted central catheter-line complications at a tertiary-care hospital: role of nursing expertise. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2001;22(6):377-9.
2. Evans RS, Sharp JH, Linford LH, Lloyd JF, Tripp JS, Jones JP, Woller SC, Stevens SM, Elliott CG, Weaver LK. Risk of symptomatic DVT associated with peripherally inserted central catheters. *Chest* 2010;138(4):803-10.
3. Knue MA, Doellman D, Rabin K, Jacobs BR. The efficacy and safety of sampling through peripherally inserted central catheter devices in children. *J Infus Nurs* 2005;28:30-5.
4. Hussain S, Gomez MM, Wludyka P, Chiu T, Rathore MH. Survival times and complications of catheters used for outpatient parenteral antibiotic therapy in children. *Clin Pediatr (Phila)* 2007;46:247-51.
5. Hatakeyama N, Hori T, Yamamoto M, Mizue N, Inazawa N, Igarashi K, Tsutsumi H, Suzuki N. An evaluation of peripherally inserted central venous catheters for children with cancer requiring long-term venous access. *Int J Hematol* 2011;94:372-7.
6. Matsuzaki A, Suminoe A, Koga Y, Hatano M, Hattori S, Hara T. Long-term use of peripherally inserted central venous catheters for cancer chemotherapy in children. *Support Care Cancer* 2006;14:153-60.
7. Barrier A, Williams DJ, Connelly M, Creech CB. Frequency of peripherally inserted central catheter complications in children. *Pediatr Infect Dis J* 2012;31:519-21.
8. Thiagarajan RR, Ramamoorthy C, Gettmann T, Bratton SL. Survey of the use of peripherally inserted central venous catheters in children. *Pediatrics* 1997;99:E4.
9. Chait PG, Ingram J, Phillips-Gordon C, Farrell H, Kuhn C. Peripherally inserted central catheters in children. *Radiology* 1995;197(3):775-8.
10. Crowley JJ, Pereira JK, Harris LS, Becker CJ. Peripherally inserted central catheters: experience in 523 children. *Radiology* 1997;204(3):617-21.
11. Nichols I, Humphrey JP. The efficacy of upper arm placement of peripherally inserted central catheters using bedside ultrasound and microintroducer technique. *J Infus Nurs* 2008;31:165-76.
12. Moureau NL. Using ultrasound to guide PICC insertion. *Nursing* 2003;33:20.
13. Parkinson R, Gandhi M, Harper J, et al. Establishing an ultrasound guided peripherally inserted central catheter (PICC) insertion service. *Clin Radiol* 1998;53:33-36.

14. Sofocleous CT, Schur I, Cooper SG, et al. Sonographically guided placement of peripherally inserted central venous catheters: Review of 355 procedures. *AJR Am J Roentgenol* 1998;170:1613-16.
15. Scales K. Intravenous therapy: a guide to good practice. *Br J Nurs* 2008;17(19):S4-S12.
16. Engle WA, Frederick JR. Vascular access and blood sampling techniques in infants and children. En: Roberts JR, Hedges JR, eds. *Clinical procedures in emergency medicine*. Philadelphia: WB Saunders;1991:268-87.
17. Barczykowska E, Szwed-Kolińska M, Wróbel-Bania A, Ślusarz R. The use of central venous lines in the treatment of chronically ill children. *Adv Clin Exp Med* 2014;23(6):1001-9.
18. Bhende MS. Venipuncture and peripheral venous access. En: Henretig FM, King C, eds. *Textbook of pediatric emergency procedures*. Baltimore, Maryland: Williams&Wilkins;1997:797-810.
19. Stovroff M, Teague WG. Intravenous access in infants and children. *Pediatr Clin North Am* 1998;45(6):1373-93.
20. Möller JC, Reiss I, Schaible T. Vascular access in neonates and infants--indications, routes, techniques and devices complications. *Intensive Care World* 1995;12(2):48-53.
21. Stocker M, Berger TM. Arterial and central venous catheters in neonates and infants. *Anaesthesist* 2006;55(8):873-82.
22. Chopra V, Kuhn L, Coffey CE Jr, Salameh M, Barron J, Krein S, Flanders SA, Saint S. Hospitalist experiences, practice, opinions, and knowledge regarding peripherally inserted central catheters: a Michigan survey. *J Hosp Med* 2013;8(6):309-14.
23. Maki DG, Ringer M. Risk factors for infusion-related phlebitis with small peripheral venous catheters. A randomised controlled trial. *Ann Intern Med* 1991;114:845-54.
24. Rickard CM, Webster J, Wallis MC, Marsh N, McGrail MR, French V, Foster L, Gallagher P, Gowardman JR, Zhang L, McClymont A, Whitby M. Routine versus clinically indicated replacement of peripheral intravenous catheters: a randomised controlled equivalence trial. *Lancet* 2012;380(9847):1066-74.
25. Webster J, Osborne S, Rickard CM, New K. Clinically-indicated replacement versus routine replacement of peripheral venous catheters. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013;4:CD007798.
26. Horattas MC, Trupiano J, Hopkins S, Pasini D, Martino C, Murty A. Changing concepts in long-term central venous access: catheter selection and cost savings. *Am J Infect Control* 2001;29:32-40.

27. Periard D, Monney P, Waeber G, Zurkinden C, Mazzolai L, Hayoz D, Doenz F, Zanetti G, Wasserfallen JB, Denys A. Randomized controlled trial of peripherally inserted central catheters vs peripheral catheters for middle duration in-hospital intravenous therapy. *J Thromb Haemost* 2008;6:1281-8.
28. Maki DG, Kluger DM, Crnich CJ. The risk of bloodstream infection in adults with different intravascular devices: a systematic review of 200 published prospective studies. *Mayo Clin Proc* 2006;81:1159-71.
29. Simonov M, Pittiruti M, Rickard CM, Chopra V. Navigating venous access: a guide for hospitalists. *J Hosp Med* 2015;10(7):471-8.
30. Woller SC, Stevens SM, Evans RS. The Michigan Appropriateness Guide for Intravenous Catheters (MAGIC) initiative: a summary and review of peripherally inserted central catheter and venous catheter appropriate use. *J Hospital Med* 2016;11(4):106-10.
31. Dudrick SJ. History of vascular access. *J Parenter Enteral Nutr* 2006;30(1 Suppl):S47-56.
32. Learoyd P. The history of blood transfusion prior to the 20th century--part 1. *Transfus Med* 2012;22(5):308-14.
33. Millam D. The history of intravenous therapy. *J Intraven Nurs* 1996;19(1):5-14.
34. Rivera AM, Strauss KW, van Zundert A, Mortier E. The history of peripheral intravenous catheters: how little plastic tubes revolutionized medicine. *Acta Anaesthesiol Belg* 2005;56(3):271-82.
35. Barsoum N, Kleeman C. Now and then, the history of parenteral fluid administration. *Am J Nephrol* 2002;22(2-3):284-9.
36. Aubaniac R. A new route for venous injection or puncture: The subclavicular route, subclavian vein, brachiocephalic trunk. *Sem Hop.* 1952;28:3445-7.
37. Yoffa D. Supraclavicular subclavian venepuncture and catheterization. *Lancet* 1965;2:614-7.
38. Hermosura B, Vanags L, Dickey MW. Measurement of pressure during intravenous therapy. *JAMA* 1966;195:321.
39. Daily PO, Griep RB, Shumway NE. Percutaneous internal jugular vein Cannulation. *Arch Surg* 1970;101:534-6.
40. Mostert JW, Kenny GM, Murphy GP. Safe placement of central venous catheter into internal jugular veins. *Arch Surg* 1970;101(3):431-2.
41. Jernigan WR, Gardner WC, Mahr MM, Milburn JL. Use of the internal jugular vein for placement of central venous catheter. *Surg Gynecol Obstet* 1970;130(3):520-4.
42. Hoshal VL. Total intravenous nutrition with peripherally inserted silicone elastomer central venous catheters. *Arch Surg* 1975;110:644-6.

43. Hickman RO, Buckner CD, Clift RA. A modified right atrial catheter for access to the venous system in marrow transplant recipients. *Surg Gynecol Obstet* 1979;148:871-5.
44. Niederhuber JE, Ensminger W, Gyves JW. Totally implanted venous and arterial access system to replace external catheters in cancer treatment. *Surgery* 1982;92:706-12.
45. Zimmerman JJ, Strauss RH. History and current application of intravenous therapy in children. *Pediatr Emerg Care* 1989;5(2):120-7.
46. Seldinger SI. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique. *Acta radiol* 1953;39(5):368-76.
47. Doellman D, Nichols I. Modified Seldinger technique with ultrasound for PICC placement in the pediatric patient: a precise advantage. *JAVA* 2009;14(2):93-9.
48. Sansivero GE. The microintroducer technique for peripherally inserted central catheter placement. *J Infus Nurs* 2000;23:345-51.
49. Jöhr M, Berger TM. Venous access in children: state of the art. *Curr Opin Anaesthesiol* 2015;28(3):314-20.
50. Katsogridakis YL, Seshadri AM, Sullivan C, Waltzman ML. Veinlite transillumination in the pediatric emergency department, a therapeutic interventional tool. *Pediatr Emerg Care* 2008;24:83-8.
51. Kim M, Park J, Rhee N, et al. Efficacy of VeinViewer in pediatric peripheral intravenous access: a randomized controlled trial. *Eur J Pediatr* 2012;171:1121-5.
52. Phipps K, Modic A, O'Riordan M, Walsh M. A randomized trial of the VeinViewer versus standard technique for placement of peripherally inserted central catheters (PICCs) in neonates. *J Perinatol* 2012;32:498-501.
53. Chapman L, Sullivan B, Pacheco A, Dralean C, Becker B. VeinViewer assisted intravenous catheter placement in a pediatric emergency department. *Acad Emerg Med* 2011;18:966-71.
54. Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, Blaivas M, Augoustides JG, Elbarbary M, Pirotte T, Karakitsos D, Ledonne J, Doniger S, Scoppettuolo G, Feller-Kopman D, Schummer W, Biffi R, Desruennes E, Melniker LA, Verghese ST. International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access. *Intensive Care Med* 2012;38(7):1105-17.
55. Ozkiraz S, Gokmen Z, Anuk Ince D, Akcan AB, Kilicdag H, Ozel D, Ecevit A. Peripherally inserted central venous catheters in critically ill premature neonates. *Vasc Access* 2013;14(4):320-4.
56. Chopra V, Anand S, Krein SL, Chenoweth C, Saint S. Bloodstream Infection, Venous Thrombosis, and Peripherally Inserted Central Catheters: Reappraising the Evidence. *Am J Med* 2012;125(8):733-41.

57. Turcotte S, Dube S, Beauchamp G. Peripherally inserted central venous catheters are not superior to central venous catheters in the acute care of surgical patients on the Ward. *World J Surg* 2006 30:1605-19.
58. Safdar N, Maki DG. Risk of catheter-related bloodstream infection with peripherally inserted central venous catheters used in hospitalized patients. *Chest* 2005;128(2):489-95.
59. Jumani K, Advani S, Reich NG, Gosey L, Milstone AM. Risk factors for peripherally inserted central venous catheter complications in children. *JAMA Pediatr* 2013;167(5):429-35.
60. Westergaard B, Classen V, Walther-Larsen S. Peripherally inserted central catheters in infants and children - indications, techniques, complications and clinical recommendations. *Acta Anaesthesiol Scand* 2013;57(3):278-87.
61. Baudin G, Occelli A, Boyer C, Geoffray A, Chevallier P. Evaluation of peripherally inserted central catheters in a pediatric population. *Arch Pediatr* 2013;20:1089-95.
62. Abedin S, Kapoor G. Peripherally inserted central venous catheters are a good option for prolonged venous access in children with cancer. *Pediatr Blood Cancer* 2008;51:251-5.
63. Polak JF, Anderson D, Hagspiel K, Mangovan J. Peripherally inserted central catheters: factors affecting patient satisfaction. *Am J Roentgen* 1998;170:1609-11.
64. Trerotola SO, Thompson S, Chittams J, Vierregger KS. Analysis of tip malposition and correction in peripherally inserted central catheters placed at bedside by a dedicated nursing team. *J Vasc Interv Radiol* 2007;18(4):513-8.
65. Fricke BL, Racadio JM, Duckworth T, Donnelly LF, Tamer RM, Johnson ND. Placement of peripherally inserted central catheters without fluoroscopy in children: initial catheter tip position. *Radiology* 2005;234(3):887-92.
66. Oakley C, Wright E, Ream E. The experiences of patients and nurses with a nurse-led peripherally inserted central venous catheter line service. *Eur J Oncol Nurs* 2000;4(4):207-18.
67. Gamulka B, Mendoza C, Connolly B. Evaluation of a unique, nurse-inserted, peripherally inserted central catheter program. *Pediatrics* 2005;115:1602-6.
68. East SA. Planning, implementation and evaluation of a successful hospital based peripherally inserted central catheter program. *Journal of Intravenous Nursing* 1994;17(4):189-92.
69. Gabriel J. Care and management of peripherally inserted central catheters. *Br J Nurs* 1996;5(10):594-9.
70. Nichols I, Doellman D. Pediatric peripherally inserted central catheter placement: application of ultrasound technology. *J Infus Nurs* 2007;30:351-6.

71. Anstett M, Royer T I. The impact of ultrasound on PICC placement. *JAVA* 2003;8:24-8.
72. Burns D. The Vanderbilt PICC service: program, procedural and patient outcome successes. *JAVA* 2005;10:183-92.
73. Walker G, Todd A. Nurse-led PICC insertion: is it cost effective? *Br J Nurs* 2013;22(19):S9–S15.
74. Nifong TP, McDevitt TJ. The effect of catheter to vein ratio on blood flow rates in a simulated model of peripherally inserted central venous catheters. *Chest* 2011;140:48-53.
75. Pittiruti M, Brutti A, Celentano S, Pomponi M, Biasucci DG, Annetta MG, Scoppettuolo G. Clinical experience with power-injectable PICCs in intensive care patients. *Critical Care* 2012;16:R21.
76. Skinner R, Koller K, McIntosh N, McCarthy A, Pizer B, (UKCCSG), United Kingdom Children's Cancer Study Group and Paediatric Oncology Nursing Forum (PONF) Supportive Care Group. Prevention and management of central venous catheter occlusion and thrombosis in children with cancer. *Pediatr Blood Cancer* 2008;50:826-30.
77. Yeung CY, Lee HC, Huang FY, Wang CS. Sepsis during total parenteral nutrition: exploration of risk factors and determination of the effectiveness of peripherally inserted central venous catheters. *Pediatr Infect Dis J* 1998;17:135-42.
78. Maraqa NF, Gomez MM, Rathore MH. Outpatient parenteral antimicrobial therapy in osteoarticular infections in children. *J Pediatr Orthop* 2002;22:506–10.
79. Goes-Silva E, Abreu TF, Frota AC, Pessoa-Silva CL, Cunha AJ, Hofer CB. Use of peripherally inserted central catheters to prevent catheter-associated bloodstream infection in children. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2009;30:1024-6.
80. Johansson E, Hammarskjold F, Lundberg D, Arnlinde MH. Advantages and disadvantages of peripherally inserted central venous catheters (PICC) compared to other central venous lines: a systematic review of the literature. *Acta Oncol* 2013;52(5):886-92.
81. Patel GS, Jain K, Kumar R, Strickland AH, Pellegrini L, Slavotinek J, Eaton M, McLeay W, Price T, Ly M, Ullah S, Koczwara B, Kichenadasse G, Karapetis CS. Comparison of peripherally inserted central venous catheters (PICC) versus subcutaneously implanted port-chamber catheters by complication and cost for patients receiving chemotherapy for non-haematological malignancies. *Support Care Cancer* 2014;22(1):121-8.
82. Chopra V, Flanders SA, Saint S. The problem with peripherally inserted central catheters. *JAMA* 2012;308(15):1527-8.

83. Yacobovich J, Ben-Ami T, Abdalla T, Tamary H, Goldstein G, Weintraub M, Yaniv I, Toren A, Kenet G, Revel-Vilk S. Patient and central venous catheter related risk factors for blood stream infections in children receiving chemotherapy. *Pediatr Blood Cancer* 2015;62(3):471-6.
84. Revel-Vilk S, Yacobovich J, Tamary H, Goldstein G, Nemet S, Weintraub M, Paltiel O, Kenet G. Risk factors for central venous catheter thrombotic complications in children and adolescents with cancer. *Cancer* 2010;116:4197-205.
85. Chopra V, Flanders SA, Saint S, Woller SC, O'Grady NP, Safdar N, Trerotola SO, Saran R, Moureau N, Wiseman S, Pittiruti M, Akl EA, Lee AY, Courey A, Swaminathan L, LeDonne J, Becker C, Krein SL, Bernstein SJ. Michigan Appropriateness Guide for Intravenous Catheters (MAGIC) Panel. The Michigan Appropriateness Guide for Intravenous Catheters (MAGIC): Results From a Multispecialty Panel Using the RAND/UCLA Appropriateness Method. *Ann Intern Med* 2015;163(6 Suppl):S1-40.
86. Shen G, Gao Y, Wang Y, Mao B, Wang X. Survey of the long-term use of peripherally inserted central venous catheters in children with cancer: experience in a developing country. *J Pediatr Hematol Oncol* 2009;31:489-92.
87. Abedin S, Kapoor G. Peripherally inserted central venous catheters are a good option for prolonged venous access in children with cancer. *Pediatr Blood Cancer* 2008;51:251-5.
88. Schwengel DA, McGready J, Berenholtz SM, Kozlowski LJ, Nichols DG, Yaster M. Peripherally inserted central catheters: a randomized, controlled, prospective trial in pediatric surgical patients. *Anesth Analg* 2004;99:1038-43.
89. Stovroff MC, Totten M, Glick PL. PIC lines save money and hasten discharge in the care of children with ruptured appendicitis. *J Pediatr Surg* 1994;29:245-7.
90. Cotogni P, Pittiruti M. Focus on peripherally inserted central catheters in critically ill patients. *World J Crit Care Med* 2014;3(4):80-94.
91. Al Raiy B, Fakih MG, Bryan-Nomides N, Hopfner D, Riegel E, Nenninger T, Rey J, Szpunar S, Kale P, Khatib R. Peripherally inserted central venous catheters in the acute care setting: a safe alternative to high-risk short-term central venous catheters. *Am J Infect Control* 2010;38(2):149-53.
92. Schwab S, Besearab A, Beathard G, et al. NKF-DOQI clinical practice guidelines for vascular access. *Am J Kidney Dis* 1997;30(3):150-91.
93. Hertzog DR, Waybill PN. Complications and controversies associated with peripherally inserted central catheters. *J Infus Nurs* 2008;31(3):159-63.
94. Emoli A, Cappuccio S, Marche B, Musarò A, Scoppettuolo G, Pittiruti M. Gruppo Aperto di Studio sugli Accessi Venosi Centrali a Lungo Termine. The ISP (Safe

Insertion of PICCs) protocol: a bundle of 8 recommendations to minimize the complications related to the peripherally inserted central venous catheters (PICC). *Assist Infirm Ric* 2014; 2: 82-9.

95. Infusion Nurses Society. Infusion nursing standards of practice. *J Infus Nurs* 2011;34(1S).
96. O'Grady NP, Alexander M, Burns LA, Dellinger EP, Garland J, Heard SO, et al. Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC) (Appendix 1). Summary of recommendations: Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-related Infections. *Clin Infect Dis* 2011;52:1087-99.
97. Pronovost PJ, Needham D, Berenholtz S, et al. An intervention to decrease catheter-related bloodstream infections in the ICU. *N Engl J Med* 2006;355:2725-32.
98. Pronovost PJ, Goeschel CA, Colantuoni E, Watson S, Lubomski LH, Berenholtz SM, et al. Sustaining reductions in catheter related bloodstream infections in Michigan intensive care units: Observational study. *BMJ* 2010;340:c309.
99. Doellman D, Buckner JK, Garrett JH, Catudal JP, Frey AM, Lamagna P. Best practice guidelines in the care and maintenance of pediatric central venous catheters. 2nd Edition. Association for Vascular Access. Pediatric Groups. Online published: www.pedivan.org
100. Dasgupta N, Patel MN, Racadio JM, Johnson ND, Lungren MP. Comparison of complications between pediatric peripherally inserted central catheter placement techniques. *Pediatric radiology* 2016;Apr 28 (ahead of pub).
101. Sansivero GE. Use of imaging and microintroducer technology. *J Vasc Access Devices* 2001;6:7-13.
102. Yon CK, Low CL. Sodium citrate 4% versus heparin as a lock solution in hemodialysis patients with central venous catheters. *Am J Health Syst Pharm* 2013;70(2):131-6.
103. Goossens GA. Flushing and Locking of Venous Catheters: Available Evidence and Evidence Deficit. *Nurs Res Pract* 2015;2015:985686.
104. Wang AY, Ivany JN, Perkovic V, Gallagher MP, Jardine MJ. Anticoagulant therapies for the prevention of intravascular catheters malfunction in patients undergoing haemodialysis: systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials. *Nephrol Dial Transplant* 2013; 28(11):2875-88.
105. O'Grady NP, Alexander M, Burns. Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. *Clin Infect Dis* 2011;52(9):e162-93.
106. Shekelle PG, Pronovost PJ, Wachter RM et al. The Top Patient Safety Strategies that can be encouraged for adoption now. *Ann Intern Med* 2013;158:365-8.

107. Pittiruti M, Hamilton H, Biffi R, MacFie J, Pertkiewicz M. ESPEN guidelines on parenteral nutrition: central venous catheters (access, care, diagnosis and therapy of complications). *Clin Nutr* 2009;28:365-77.
108. Marschall J, Mermel LA, Classen D, Arias KM, Podgorny K, Anderson DJ, Burstin H, Calfee DP, Coffin SE, Dubberke ER, Fraser V, Gerding DN, Griffin FA, Gross P, Kaye KS, Klompas M, Lo E, Nicolle L, Pegues DA, Perl TM, Saint S, Salgado CD, Weinstein RA, Wise R, Yokoe DS. Strategies to prevent central line-associated bloodstream infections in acute care hospital. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2008;29 Suppl 1:S22-30.
109. World Health Organization. WHO Guidelines on hand hygiene in health care 2009.
110. Hadaway L. Needleless connectors for IV catheters. *Am J Nurs* 2012;112:32-44.
111. Btaiche IF, Kovacevich DS, Khalidi N et al. The effects of needleless connectors on catheter-related bloodstream infections. *Am J Infect Control* 2011;39:277-83.
112. Scoppettuolo G. Clinical problems associated with the use of peripheral venous approaches: infections. En: Sandrucci S, Mussa B, eds. *Peripherally Inserted Central Venous Catheters*. Milan, Italia:Springer-Verlag;2014:95-110.
113. Karakitsos D, Labropoulos N, De Groot E, Patrianakos AP, Kouraklis G, Poularas J, et al. Real-time ultrasoundguided catheterisation of the internal jugular vein: a prospective comparison with the landmark technique in critical care patients. *Critical Care* 2006;10(6):R162.
114. Sznajder JI, Zveibil FR, Bitterman H, Weiner P, Bursztein S. Central vein catheterization: failure and complication rates by three percutaneous approaches. *Arch Intern Med* 1986;146:259-61.
115. Merrer J, De Jonghe B, Golliot F, Lefrant JY, Raffy B, Barre E. Complications of femoral and subclavian venous catheterization in critically ill patients: a randomized controlled trial. *JAMA* 2001;286(6):700-7.
116. Johnson R, O'Donnell J, Fielder K. Ultrasound guidance or cannulation of the internal jugular vein (IJV) in the critically ill. A randomized prospective study. *Critical Care Medicine* 1994;22(1):A28.
117. Cavanna L, Civardi G, Vallisa D, Di Nunzio C, Cappucciati L, Bertè R. Ultrasound-guided central venous catheterization in cancer patients improves the success rate of cannulation and reduces mechanical complications: a prospective observational study of 1,978 consecutive catheterizations. *World J Surg Oncol* 2010;8:91.
118. McGee DC, Gould MK. Current concepts: preventing complications of central venous catheterisation. *N Engl J Med* 2003;348:1123-33.
119. Cortelezzi A, Fracchiola NS, Maisonneuve P, Moia M, Luchesini C, Ranzi ML. Central venous catheter-related complications in patients with hematological malignancies. A

- retrospective analysis of risk factors and prophylactic measures. *Leu Lymph* 2003;44:1495-501.
120. Denys BG, Uretsky BF, Reddy PS. Ultrasound-assisted cannulation of the internal jugular vein: a prospective comparison to the external landmark-guided technique. *Circulation* 1993;87:1557-62.
 121. Slama M, Novara A, Safavian A, Ossart M, Safar M, Fagon JY. Improvement of internal jugular vein cannulation using an ultrasound-guided technique. *Intensive Care Med* 1997;23:916-19.
 122. Donaldson JS, Morello FP, Junewick JJ, O'Donovan JC, Lim-Dunham J. Peripherally inserted central venous catheters: US-guided vascular access in pediatric patients. *Radiology* 1995;197(2):542-4.
 123. Tercan F, Oguzkurt L, Ozkan U, Eker HE. Comparison of ultrasonography-guided central venous catheterization between adult and pediatric populations. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2008;31(3):575-80.
 124. Hamilton N. Complications associated with venous access devices: part one. *Nurs Standard* 2006;20:43-50.
 125. Hamilton N. Complications associated with venous access devices: part two. *Nurs Standard* 2006;20:59-65.
 126. Ng PK, Ault MJ, Ellrodt AG, et al. Peripherally inserted central catheters in general medicine. *Mayo Clin Proc* 1997;72:225-33.
 127. de Carvalho Onofre PS, da Luz Gonçalves Pedreira M, Peterlini MA. Placement of peripherally inserted central catheters in children guided by ultrasound: a prospective randomized, and controlled trial. *Pediatr Crit Care Med* 2012;13(5):e282-7.
 128. Tobias JD, Martin DP, Bhalla T. Ultrasound for central venous, arterial and peripheral venous cannulation in the pediatric population *Pediatr Anesth and Crit Care J* 2014;(2):93-101.
 129. Kyle KS, Myers JS. Peripherally inserted central catheters. Development of a hospital-based program. *J Intraven Nurs* 1990;13(5):287-90.
 130. East SA. Planning, implementation, and evaluation of a successful hospital-based peripherally inserted central catheter program. *J Intraven Nurs* 1994;17(4):189-92.
 131. Goodwin ML, Carlson I. The peripherally inserted central catheter: a retrospective look at three years of insertions. *J Intraven Nurs* 1993;16(2):92-103.
 132. Hornsby S, Matter K, Beets B. Cost losses associated with the "PICC, stick, and run team" concept. *J Infus Nurs* 2005;28:45-53.
 133. BeVier PA, Rice CE. Initiating a pediatric peripherally inserted central catheter and midline catheter program. *J Intraven Nurs* 1994;17(4):201-5.

134. Frey AM. Pediatric peripherally inserted central catheter program report: a summary of 4,536 catheter days. *J Intraven Nurs* 1995;18(6):280-91.
135. Stokowski G, Steele D, Wilson D. The use of ultrasound to improve practice and reduce complication rates in peripherally inserted central catheter insertions: Final report of investigation. *J Infus Nurs* 2009;32:145-55.
136. Amerasekera SS, Jones CM, Patel R, Cleasby MJ. Imaging of the complications of peripherally inserted central venous catheters. *Clin Radiol* 2009;64(8):832-40.
137. Shen G, Gao Y, Wang Y, Mao B, Wang X. Survey of the long-term use of peripherally inserted central venous catheters in children with cancer: experience in a developing country. *J Pediatr Hematol Oncol* 2009;31:489-92.
138. Levy I, Bendet M, Samra Z, Shalit I, Katz J. Infectious complications of peripherally inserted central venous catheters in children. *Pediatr Infect Dis J* 2010;29:426-9.
139. Van Winkle P, Whiffen T, Liu IL. Experience using peripherally inserted central venous catheters for outpatient parenteral antibiotic therapy in children at a community hospital. *Pediatr Infect Dis J* 2008;27:1069-72.
140. Smith JR, Friedell ML, Cheatham ML, Martin SP, Cohen MJ, Horowitz JD. Peripherally inserted central catheters revisited. *Am J Surg* 1998;176:208-211.
141. Baskin JL, Pui CH, Reiss U, Wilimas JA, Metzger ML, Ribeiro RC, Howard SC. Management of occlusion and thrombosis associated with long-term indwelling central venous catheters. *Lancet* 2009;374:159-69.
142. Haire WD, Deitcher SR, Mullane KM, Jaff MR, Firszt CM, Schulz GA, Schuerr DM, Schwartz LB, Mougini TL, Barton RP. Recombinant urokinase for restoration of patency in occluded central venous access devices. A double-blind, placebo-controlled trial. *Thromb Haemost* 2004;92:575-82.
143. Yamamoto AJ, Solomon JA, Soulen MC, Tang J, Parkinson K, Lin R, Schears GJ. Sutureless securement device reduces complications of peripherally inserted central venous catheters. *J Vasc Interv Radiol* 2002;13(1):77-81.
144. Frey AM, Schears GJ. Why are we stuck on tape and suture? A review of catheter securement devices. *J Infus Nurs* 2006;29(1):34-8.
145. Graf JM, Newman CD, McPherson ML. Sutured securement of peripherally inserted central catheters yields fewer complications in pediatric patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2006;30:532-5.
146. Chopra V, O'Horo JC, Rogers MA, Maki DG, Safdar N. The risk of bloodstream infection associated with peripherally inserted central catheters compared with central venous catheters in adults: a systematic review and meta-analysis. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2013 Sep;34(9):908-18.

147. Male C, Julian JA, Massicotte P, Gent M, Mitchell L, PROTEKT Study Group. Significant association with location of central venous line placement and risk of venous thrombosis in children. *Thromb Haemost* 2005;94:516-21.
148. Advani S, Reich NG, Sengupta A, Gosey L, Milstone AM. Central line-associated bloodstream infection in hospitalized children with peripherally inserted central venous catheters: extending risk analyses outside the intensive care unit. *Clin Infect Dis* 2011;52:1108-15.
149. O'Grady NP, Alexander M, Dellinger EP, Gerberding JL, Heard SO, Maki DG, Masur H, McCormick RD, Mermel LA, Pearson ML, Raad II, Randolph A, Weinstein RA. Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. The Hospital Infection Control Practices Advisory B. Committee, Center for Disease Control and Prevention, U.S. Pediatrics 2002;110:e51.
150. Randolph AG, Brun-Buisson C, Goldmann D. Identification of central venous catheter-related infections in infants and children. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6(3 Suppl):S19-24.
151. Waybill PN, Cantwell CP. PICCs and non-tunneled central venous catheters. In: Mauro MA, Murphy KJ, Thomson K, Venbrux AC, Zollkofer CL, eds. *Image-Guided Interventions*. 2nd Edition. Philadelphia, PA: WB Saunders.
152. Allen AW, Megargell JL, Brown DB, Lynch FC, Singh H, Singh Y, Waybill PN. Venous thrombosis associated with the placement of peripherally inserted central catheters. *J Vasc Interv Radiol* 2000;10:1209-14.
153. Liem TK, Yanit KE, Moseley SE, Landry GJ, Deloughery TG, Rumwell CA, Mitchell EL, Moneta GL. Peripherally inserted central catheter usage patterns and associated symptomatic upper extremity venous thrombosis. *J Vasc Surg* 2012;55(3):761-7.
154. Chopra V, Anand S, Hickner A, Buist M, Rogers MA, Saint S, Flanders SA. Risk of venous thromboembolism associated with peripherally inserted central catheters: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 2013;382:311-25.
155. Bonizzoli M, Batacchi S, Cianchi G, Zagli G, Lapi F, Tucci V, Martini G, Di Valvasone S, Peris A. Peripherally inserted central venous catheters and central venous catheters related thrombosis in post-critical patients. *Intensive Care Med* 2011;37(2):284-9.
156. Marnejon T, Angelo D, Abu Abdou A, Gemmel D. Risk factors for upper extremity venous thrombosis associated with peripherally inserted central venous catheters. *J Vasc Access* 2012;13:231-8.
157. Abdullah BJ, Mohammad N, Sangkar JV, Abd Aziz YF, Gan GG, Goh KY, Benedict I. Incidence of upper limb venous thrombosis associated with peripherally inserted central catheters (PICC). *Br J Radiol* 2005;78:596-600.

158. Trerotola SO, Stavropoulos SW, Mondschein JI, Patel AA, Fishman N, Fuchs B, Kolansky DM, Kasner S, Pryor J, Chittams J. Triple-lumen peripherally inserted central catheter in patients in the critical care unit: prospective evaluation. *Radiology* 2010;256(1);312-20.
159. Fallouh N, McGuirk HM, Flanders SA, Chopra V. Peripherally Inserted Central Catheter-associated Deep Vein Thrombosis: A Narrative Review. *Am J Med.* 2015;128(7):722-38.
160. Raffini L, Huang YS, Witmer C, Feudtner C. Dramatic increase in venous thromboembolism in children's hospitals in the United States from 2001 to 2007. *Pediatrics* 2009;124(4);1001-8.
161. Dubois J, Rypens F, Garel L, David M, Lacroix J, Gauvin F. Incidence of deep vein thrombosis related to peripherally inserted central catheters in children and adolescents. *CMAJ* 2007;177(10);1185-90.
162. Beck C, Dubois J, Grignon A, Lacroix J, David M. Incidence and risk factors of catheter-related deep vein thrombosis in a pediatric intensive care unit: a prospective study. *J Pediatr* 1998;133(2);137-41.
163. Gray BW, Gonzalez R, Warrier KS, Stephens LA, Drongowski RA, Pipe SW, Mychaliska GB. Characterization of central venous catheter-associated deep venous thrombosis in infants. *J Pediatr Surg* 2012;47:1159-66.
164. Talbott GA, Winters WD, Bratton SL, O'Rourke PP. A prospective study of femoral catheter-related thrombosis in children. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1995;149(3):288-91.
165. Winters JP, Callas PW, Cushma M, Repp AB, Zakai NA. Central Venous Catheters and Upper Extremity Deep Vein Thrombosis in Medical Inpatients: the Medical Inpatients and Thrombosis (MITH) study. *J Thromb Haemost* 2015;13(12):2155-60.
166. Kearns PJ, Coleman S, Wehner JH. Complications of long arm-catheters: a randomized trial of central vs peripheral tip location. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1996;20:20-4.
167. Luciani A, Clement O, Halimi P, et al. Catheter-related upper extremity deep venous thrombosis in cancer patients: a prospective study based on Doppler US. *Radiology* 2001;220:655-60.
168. Fletcher SJ. Safe placement of central venous catheters: where should the tip of the catheter lie? *Br J Anaesth* 2000;85:188e91.
169. Anonymous. Tip of peripherally inserted central catheters: a position statement of the National Association of Vascular Access Networks. *J Vasc Access Devices* Summer 1998;3:8-10.

170. James L, Bledsoe L, Hadaway LC. A retrospective look at tip location and complications of peripherally inserted central catheter lines. *J Intraven Nurs* 1993;16:104-9.
171. Ragasa J, Shah N, Watson RC. Where antecubital catheters go: a study under fluoroscopic control. *Anesthesiology* 1989;71:378-80.
172. LaRue GD. Improving central placement rates of peripherally inserted catheters. *J Intraven Nurs* 1995;18:24-7.
173. Racadio JM, Doellman DA, Johnson ND, Bean JA, Jacobs BR. Pediatric peripherally inserted central catheters: complication rates related to catheter tip location. *Pediatrics* 2001;107(2):E28.
174. Woodhouse CR. Infusion thrombophlebitis: the histological and clinical features. *Ann R Coll Surg Engl* 1980;62:364-8.
175. Forauer AR, Alonzo M. Change in PICC tip position with abduction and adduction of the upper extremity. *J Vasc Interv Radiol* 2000;11:1315e8.
176. Kowalski CM, Kaufman JA, Rivitz SM. Migration of central venous catheters: implications for initial tip positioning. *J Vasc Interv Radiol* 1997;8:443e7.
177. Rossetti F, Pittiruti M, Lamperti M, Graziano U, Celentano D, Capozzoli G. The intracavitary ECG method for positioning the tip of central venous access devices in pediatric patients: results of an Italian multicenter study. *J Vasc Access* 2015;16(2):137-43.
178. National Institute for Clinical Excellence (NICE). Guidance on the use of ultrasound locating devices for the insertion of central venous catheters. London: NICE; 2002.
179. Philip K, Ng PK, Ault MJ, et al. Peripherally inserted central catheters in general medicine. *Mayo Clin Proc* 1997;72:225e33.
180. Tran HS, Burrows BJ, Zang WA, et al. Brachial arteriovenous fistula as a complication of placement of a peripherally inserted central venous catheter: a case report and review of the literature. *Am Surg* 2006;72:833e6.
181. Malbezin S, Gauss T, Smith I, Bruneau B, Mangalsuren N, Diallo T, Skhiri A, Nivoche Y, Dahmani S, Brasher C. A review of 5434 percutaneous pediatric central venous catheters inserted by anesthesiologists. *Paediatr Anaesth* 2013;23(11):974-9.
182. Janik JE, Conlon SJ, Janik JS. Percutaneous central access in patients younger than 5 years: size does matter. *J Pediatr Surg* 2004;39(8):1252-6.
183. Tu S, Wang X, Bai L, Wang H, Ye M, Shi Y, Wu S, Liu X, Wei G. Complications of 1309 internal jugular vein cannulations with the anatomic landmarks technique in infants and children. *J Vasc Access* 2012;13(2):198-202.

184. Brass P, Hellmich M, Kolodziej L, Schick G, Smith AF. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for internal jugular vein catheterization. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015 Jan 9;1:CD006962.
185. Brass P, Hellmich M, Kolodziej L, Schick G, Smith AF. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for subclavian or femoral vein catheterization. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015 Jan 9;1:CD011447.
186. Randolph A, Cook D, Gonzales C, Pribble C. Ultrasound guidance for placement of central venous catheters: a meta-analysis of the literature. *Crit Care Med* 1996;24:2053-8.
187. Schummer W, Schummer C, Tuppatsch H, Fuchs J. Ultrasound-guided central venous cannulation: is there a difference between Doppler and B-mode ultrasound? *J Clin Anesth* 2006;18:167-72.
188. Verghese S, McGill W, Patel R, Sell J, Midgley F, Ruttimann R. Comparison of three techniques for internal jugular vein cannulation in infants. *Paed Anaesth* 2000;10:505-11.
189. Hind D, Calvert N, McWilliams R, Davidson A, Paisley S, Beverley C, Thomas S. Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta-analysis. *BMJ* 2003;327(7411):361.
190. Keenan SP. Use of ultrasound to place central lines. *J Crit Care* 2002;17:126-37.
191. Leung J, Duffy M, Finckh A. Real-time ultrasonographically-guided internal jugular vein catheterization in the emergency department increases success rates and reduces complications: a randomized, prospective study. *Ann Em Med* 2006;48:540-47.
192. Augoustides J, Horak J, Ochroch A. A randomized controlled clinical trial of real-time needle-guided ultrasound for internal jugular venous cannulation in a large university anesthesia department. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2005;19:310-5.
193. Troianos C, Jobes D, Ellison N. Ultrasound-guided cannulation of the internal jugular vein. A prospective, randomized study. *Anesth Analg* 1991;72:823-26.
194. Mallory D, McGee W, Shawker T. Ultrasound guidance improves the success rate of internal jugular vein cannulation. A prospective, randomized trial. *Chest* 1990;98:157-60.
195. Bruzoni M, Slater BJ, Wall J, St Peter SD, Dutta S. A prospective randomized trial of ultrasound- vs landmark-guided central venous access in the pediatric population. *J Am Coll Surg* 2013;216(5):939-43.
196. Law MA, Borasino S, McMahon WS, Alten JA. Ultrasound- versus landmark-guided femoral catheterization in the pediatric catheterization laboratory: a randomized-controlled trial. *Pediatr Cardiol* 2014;35(7):1246-52.

197. Murphy PC, Arnold P. Ultrasound-assisted vascular access in children. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain* 2011;11(2):44-9.
198. Schindler E, Schears GJ, Hall SR, Yamamoto T. Ultrasound for vascular access in pediatric patients. *Paediatr Anaesth* 2012;22(10):1002-7.
199. Pittiruti M. Ultrasound guided central vascular access in neonates, infants and children. *Curr Drug Targets* 2012;13(7):961-9.
200. Calvert N, Hind D, McWilliams R, Davidson A, Beverley CA, Thomas SM. Ultrasound for central venous cannulation: economic evaluation of cost-effectiveness. *Anaesthesia* 2004;59(11):1116-20.
201. Heinrichs J, Fritze Z, Klassen T, Curtis S. A systematic review and meta-analysis of new interventions for peripheral intravenous cannulation of children. *Pediatr Emerg Care* 2013;29(7):858-66.
202. Anstett M, Royer TI. The impact of ultrasound on PICC placement. *The Journal of the Association of Vascular Access Devices*. 2003;8:24-8.
203. Keyes LE, Frazee BW, Snoey ER, et al: Ultrasound-guided brachial and basilic vein cannulation in emergency department patients with difficult intravenous access. *Ann Emerg Med* 1999; 34:711-4
204. Sandhu NP, Sidhu DS: Mid-arm approach to basilic and cephalic vein cannulation using ultrasound guidance. *Br J Anaesth* 2004; 93:292-4.
205. Pittiruti M, Malerba M, La Greca A, Emoli A, Nanni L, Cozza T. A retrospective analysis of our 15-year experience with bedside "blind" positioning of long-term tunneled groshong catheters, in the pre-ultrasound era. *JAVA* 2009;14:32-8.
206. Simcock L, Hons BA. No going back: advantages of ultrasound-guided upper arm PICC placement. *JAVA* 2008;13:191-7.
207. Chrisman HB, Omary RA, Nemcek AA, et al. Peripherally inserted central catheters: guidance with use of US versus venography in 2650 patients. *J Vasc Interv Radiol* 1999;10:473e5.
208. Moureau NL. Ultrasound Anatomy of Peripheral Veins and Ultrasound-Guided Venipuncture. En: Sandrucci S, Mussa B, eds. *Peripherally Inserted Central Venous Catheters*. Milan, Italia:Springer-Verlag;2014:53-62.
209. Latham GJ, Veneracion ML, Joffe DC, Bosenberg AT, Flack SH, Low DK. High-frequency micro-ultrasound for vascular access in young children--a feasibility study by the High-frequency UltraSound in Kids study (HUSKY) group. *Paediatr Anaesth* 2013;23(6):529-35.
210. Murphy PC, Arnold P. Ultrasound-assisted vascular access in children. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain* 2011;11(2):44-9.

211. Chapman G, Johnson D, Bodenham A. Visualization of needle position using ultrasonography. *Anaesthesia* 2006;61:148-58.
212. Ortega R, Song M, Hansen C, Barash P. Ultrasound-guided internal jugular vein cannulation. *NEJM* 2010;362:e57.
213. Stone M, Moon C, Sutijono D, Blaivas M. Needle tip visualization during ultrasound-guided vascular access: short-axis vs long-axis approach. *Am J Emerg Med* 2010;28:343-7.
214. Maecken T, Grau T. Ultrasound imaging in vascular access. *Crit Care Med* 2007;5:S178-85.
215. www.rcr.ac.uk/docs/radiology/pdf/ultrasound.pdf
216. Bodenham AR. Editorial II: Ultrasound imaging by anaesthetists: training and accreditation issues. *Br J Anaesth* 2006;96:414-7.
217. Moureau N, Lamperti M, Kelly LJ, et al. Evidence-based consensus on the insertion of central venous access devices: definition of minimal requirements for training. *Br J Anaesth* 2013;110:347-56.
218. Barton AJ, Danek G, Johns P et al. Improving patient outcomes through CQI: vascular access planning. *J Nurs Care Qual* 1998;13:77-85.
219. Bolton D. Writing a business case for the expansion of service: expanding the IV therapy team from start to finish. *J Infect Prev* 2010;10:S27-S32.
220. Maki DG, Weise CE, Sarafin HW. A semiquantitative culture method for identifying intravenous-catheter-related infection. *N Engl J Med* 1977;296(23):1305-9.
221. Revel-Vilk S, Brandão LR, Journeycake J, Goldenberg NA, Monagle P, Sharathkumar A, Chan AK; Perinatal And Paediatric Haemostasis Subcommittee Of The Scientific And Standardization Committee Of The International Society On Thrombosis And Haemostasis. Standardization of post-thrombotic syndrome definition and outcome assessment following upper venous system thrombosis in pediatric practice. *J Thromb Haemost* 2012;10(10):2182-5.
222. Monagle P, Chan AK, Goldenberg NA, Ichord RN, Journeycake JM, Nowak-Göttl U, Vesely SK; American College of Chest Physicians. Antithrombotic therapy in neonates and children: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest* 2012;141(2 Suppl):e737S-801S.
223. Debourdeau P, Kassab Chahmi D, Le Gal G, Kriegel I, Desruennes E, Douard MC, et al. Working group of the SOR, French National Federation of Cancer Centers. 2008 SOR guidelines for the prevention and treatment of thrombosis associated with central venous catheters in patients with cancer: report from the working group. *Annals of Oncology* 2009;20(9):1459-71.

224. Prandoni P, Polistena P, Bernardi E, Cogo A, Casara D, Verlato F, Angelini F, Simioni P, Signorini GP, Benedetti L, Girolami A. Upper-extremity deep vein thrombosis. Risk factors, diagnosis, and complications. *Arch Intern Med* 1997;157:57-62.
225. Stamm M, Zavodni A, Mitchell L, Bonanni JR, Noga M. Evaluation of the interpretation of serial ultrasound examinations in the diagnosis of deep venous thrombosis in children: a retrospective cohort study. *Can Assoc Radiol J* 2014; 65: 218-24.
226. O'Grady NP, Alexander M, Dellinger EP, Gerberding JL, Heard SO, Maki DG, Masur H, McCormick RD, Mermel LA, Pearson ML, Raad II, Randolph A, Weinstein RA. Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. Centers for Disease Control and Prevention. *MMWR Recomm Rep* 2002;51:1-29.
227. Piper HG, de Silva NT, Amaral JG, Avitzur Y, Wales PW. Peripherally inserted central catheters for long-term parenteral nutrition in infants with intestinal failure. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2013;56(5):578-81.
228. Bueno TM, Diz AI, Cervera PQ, Pérez-Rodríguez J, Quero J. Peripheral insertion of double-lumen central venous catheter using the Seldinger technique in newborns. *J Perinatol* 2008;28:282-6.
229. Mickler P. Neonatal and pediatric perspectives in PICC placement. *J Infus Nurs* 2008;31:282-5.
230. Pettit J. Technological advances for PICC placement and management. *Adv Neonatal Care* 2007;7(3):122-31.
231. Janes M, Kalyn A, Pinelli J, Paes B. A randomized trial comparing peripherally inserted central venous catheters and peripheral intravenous catheters in infants with very low birth weight. *J Pediatr Surg* 2000;35(7):1040-4.
232. Fischer JE, Fanconi S. Percutaneous central venous catheterization in premature infants: a method for facilitating insertion of silastic catheters via peripheral veins. *Pediatrics* 1998;101(3 Pt 1):477-9.
233. Gibson C, Connolly BL, Moineddin R, Mahant S, Filipescu D, Amaral JG. Peripherally inserted central catheters: use at a tertiary care pediatric center. *J Vasc Interv Radiol* 2013;24(9):1323-31.
234. Gasior AC, Marty Knott E, St Peter SD. Management of peripherally inserted central catheter associated deep vein thrombosis in children. *Pediatr Surg Int* 2013;29:445-9.
235. Gonsalves CF, Eschelman DJ, Sullivan KL, DuBois N, Bonn J. Incidence of central vein stenosis and occlusion following upper extremity PICC and port placement. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2003;26:123-7.

236. Abdullah BJ, Mohammad N, Sangkar JV, Abd Aziz YF, Gan GC, Goh KY, Benedict I. Incidence of upper limb venous thrombosis associated with peripherally inserted central catheters (PICC). *Br J Radiol* 2005;78:596-600.
237. Sperry BW, Roskos M, Oskoui R. The effect of laterality on venous thromboembolism formation after peripherally inserted central catheter placement. *J Vasc Access* 2012;13:91-5.
238. Greene MT, Flanders SA, Woller SC, Bernstein SJ, Chopra V. The association between PICC use and venous thromboembolism in upper and lower extremities. *Am J Med* 2015;128:986-93.
239. Chopra V, Ratz D, Kuhn L, Lopus T, Lee A, Krein S. Peripherally inserted central catheter-related deep vein thrombosis: contemporary patterns and predictors. *J Thromb Haemost* 2014;12:847-54.
240. Yi XL, Chen J, Li J, Feng L, Wang Y, Zhu JA, Shen E, Hu B. Risk factors associated with PICC-related upper extremity venous thrombosis in cancer patients. *J Clin Nurs* 2014;23:837-43.
241. Yang RY, Moineddin R, Filipescu D, Parra D, Amaral J, John P, Temple M, Connolly B. Increased complexity and complications associated with multiple peripherally inserted central catheter insertions in children: the tip of the iceberg. *J Vasc Interv Radiol* 2012;23:351-7.
242. Braswell LE. Peripherally inserted central catheter placement in infants and children. *Tech Vasc Interventional Rad* 2011;14:204-11.
243. Moureau NL, Trick N, Nifong T, Perry C, Kelley C, Carrico E, Leavitt M, Gordon SM, Wallace J, Harvill M, Biggar C, Doll M, Papke L, Benton L, Phelan DA. Vessel health and preservation (part 1): a new evidence-based approach to vascular access election and management. *J Vasc Access* 2012;13:351-6.
244. Lee AY, Levine MN, Butler G, Webb C, Costantini L, Gu C, Julian JA. Incidence, risk factors, and outcomes of catheter-related thrombosis in adult patients with cancer. *J Clin Oncol* 2006;24:1404-8.
245. Dawson RB. PICC Zone Insertion Method™ (ZIM™): a systematic approach to determine the ideal insertion site for PICCs in the upper arm. *JAVA* 2011;16(3):156-65.
246. Sharp R, Cummings M, Fielder A, Mikocka-Walus A, Grech C, Esterman A. The catheter to vein ratio and rates of symptomatic venous thromboembolism in patients with a peripherally inserted central catheter (PICC): a prospective cohort study. *Int J Nurs Stud* 2015;52:677-85.
247. Grove JR, Pevec WC. Venous thrombosis related to peripherally inserted central catheters. *J Vasc Interv Radiol* 2000;11(7):837-40.

248. Itkin M, Mondschein JI, Stavropoulos SW, Shlansky-Goldberg RD, Soulen MC, Trerotola SO. Peripherally inserted central catheter thrombosis--reverse tapered versus nontapered catheters: a randomized controlled study. *J Vasc Interv Radiol* 2014;25(1):85-91.
249. Lobo B, Vaidean G, Broyles J, et al. Risk of venous thromboembolism in hospitalized patients with peripherally inserted central catheters. *J Hosp Med* 2009;4:417-22.
250. Aw A, Carrier M, Kocerginski J, McDiarmid S, Tay J. Incidence and predictive factors of symptomatic thrombosis related to peripherally inserted central catheters in chemotherapy patients. *Thromb Res* 2012;130(3):323-6.
251. van Rooden CJ, Schippers EF, Barge RM, Rosendaal FR, Guiot HF, van der Meer FJ, Meinders AE, Huisman MV. Infectious complications of central venous catheters increase the risk of catheter-related thrombosis in hematology patients: a prospective study. *J Clin Oncol* 2005;23:2655-60.
252. Timsit JF, Farkas JC, Boyer JM, Martin JB, Misset B, Renaud B, Carlet J. Central vein catheter-related thrombosis in intensive care patients: incidence, risks factors, and relationship with catheter related sepsis. *Chest* 1998;114:207-13.
253. Pittiruti M, Bertollo D, Briglia E, Buononato M, Capozzoli G, De Simone L, La Greca A, Pelagatti C, Sette P. The intracavitary ECG method for positioning the tip of central venous catheters: results of an Italian multicenter study. *J Vasc Access* 2012;13(3):357-65.
254. Glaser DW, Medeiros D, Rollins N, Buchanan GR. Catheter-related thrombosis in children with cancer. *J Pediatr* 2001; 138: 255-9.
255. Scoppettuolo G. Clinical problems associated with the use of peripheral venous approaches: infections. En: Sandrucci S, Mussa B. *Peripherally Inserted Central Venous Catheters*. Springer-Verlag Ed. Italia. 2014;95-109.
256. O'Grady NP, Alexander M, Dellinger EP, Gerberding JL, Heard SO, Maki DG, Masur H, McCormick RD, Mermel LA, Pearson ML, Raad II, Randolph A, Weinstein RA. Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. The Hospital Infection Control Practices Advisory B. Committee, Center for Disease Control and Prevention, U.S. *Pediatrics* 2002;110:e51.
257. Safdar N, Maki DG. The pathogenesis of catheter-related bloodstream infection with noncuffed short-term central venous catheters. *Intensive Care Med* 2004;30:62-7.
258. Cotogni P, Pittiruti M, Barbero C, Monge T, Palmo A, Boggio Bertinet D. Catheter-related complications in cancer patients on home parenteral nutrition: a prospective study of over 51.000 catheter days. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2013;37(3):375-83.
259. Cotogni P, Pittiruti M. Focus on peripherally inserted central catheters in critically ill patients. *World J Crit Care Med* 2014;3(4):80-94.

260. Botella-Carretero J, Carrero C, Guerra E, Valbuena B, Arrieta F, Calañas A, Zamarrón I, Balsa JA, Vázquez C. Role of peripherally inserted central catheters in home parenteral nutrition: a 5-year prospective study. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2013;37(4):544-9.
261. Pittiruti M, Brutti A, Celentano D, Pomponi M, Biasucci DG, Annetta MG, Scoppettuolo G. Clinical experience with power-injectable PICCs in intensive care patients. *Crit Care* 2012;16(1):R21.
262. Earhart A. Recognizing, preventing and troubleshooting central-line complications. *Am Nurse Today* 2013;8(11):18-24.
263. Smith RL, Meixler SM, Simberkoff MS. Excess mortality in critically ill patients with nosocomial bloodstream infections. *Chest* 1991;100:164-67.
264. Arnow PM, Quimosing EM, Beach M. Consequences of intravascular catheter sepsis. *Clin Infect Dis* 1993;16:778-84.
265. Pittet D, Tarara D, Wenzel RP. Nosocomial bloodstream infection in critically ill patients: excess length of stay, extra costs and attributable mortality. *JAMA* 1994;271:1598-601.
266. Pratt RJ, Pellowe CM, Wilson JA et al. EPIC2: national evidence-based guidelines for preventing healthcare-associated infections in NHS hospitals in England *J Hosp Infect*, 2007;65:S1-S64.
267. Moukarzel AA, Haddad I, Ament ME et al. 230 patients years of experience with longterm parenteral nutrition in childhood: natural history and life of central venous catheters. *J Pediatr Surg* 1994;29:1323-7.
268. Fitzgerald SA, Macan Yadrach D, Wercowitch M et al. Creating patient and education web sites. Design and content of the home parenteral nutrition family caregivers web sites. *Comput Inform Nurs* 2011;29:637-45.
269. Nolan ME, Yadav H, Cawcutt KA, Cartin-Ceba R. Complication rates among peripherally inserted central venous catheters and centrally inserted central catheters in the medical intensive care unit. *J Crit Care* 2016;31(1):238-42.
270. Walshe LJ, Malak SF, Eagan J, Sepkowitz KA. Complication rates among cancer patients with peripherally inserted central catheters. *J Clin Oncol* 2002;20:3276-3281.
271. Mollee P, Jones M, Stackelroth J, et al. Catheter-associated bloodstream infection incidence and risk factors in adults with cancer: a prospective cohort study. *J Hosp Infect* 2011;78:26-30.
272. Bertoglio S, Faccini B, Lalli L, Cafiero F, Bruzzi P. Peripherally inserted central catheters (PICCs) in cancer patients under chemotherapy: A prospective study on the incidence of complications and overall failures. *J Surg Oncol* 2016;113(6):708-14.

273. Rosovsky RP, Kuter DJ. Catheter-related thrombosis in cancer patients: pathophysiology, diagnosis, and management. *Hematol Oncol Clin North Am* 2005;19:183-202
274. Ozkiraz S, Gokmen Z, Anuk Ince D, Akcan AB, Kilicdag H, Ozel D, Ecevit A. Peripherally inserted central venous catheters in critically ill premature neonates. *J Vasc Access* 2013;14(4):320-4.
275. Suojanen JN, Brophy DP, Nasser I. Thrombus on indwelling central venous catheters: the histopathology of "fibrin sheaths". *Cardiovasc Intervent Radiol* 2000;23:194e7.
276. Ponc D, Irwin D, Haire WD, Hill PA, Li X, McCluskey ER; COOL Investigators. Recombinant tissue plasminogen activator (alteplase) for restoration of flow in occluded central venous access devices: a double-blind placebo-controlled trial--the Cardiovascular Thrombolytic to Open Occluded Lines (COOL) efficacy trial. *J Vasc Interv Radiol* 2001;12:951-5.
277. Fisher AA, Deffenbaugh C, Poole RL, Garcia M, Kerner JA Jr. The use of alteplase for restoring patency to occluded central venous access devices in infants and children. *J Infus Nurs* 2004;27:171-4.
278. Jacobs BR, Haygood M, Hingl J. Recombinant tissue plasminogen activator in the treatment of central venous catheter occlusion in children. *J Pediatr* 2001;139:593-6.
279. Blaney M, Shen V, Kerner JA, Jacobs BR, Gray S, Armfield J, Semba CP; CAPS Investigators. Alteplase for the treatment of central venous catheter occlusion in children: results of a prospective, open-label, single-arm study (The Cathflo Activase Pediatric Study). *J Vasc Interv Radiol* 2006;17:1745-51.
280. Shen V, Li X, Murdock M, Resnansky L, McCluskey ER, Semba CP; COOL Investigators. Recombinant tissue plasminogen activator (alteplase) for restoration of function to occluded central venous catheters in pediatric patients. *J Pediatr Hematol Oncol* 2003;25:38-45.
281. Kalmanti M, Germanakis J, Stiakaki E, Syfridaki C, Christidou A, Tsetis D, Vardas P, Charisis G. Prophylaxis with urokinase in pediatric oncology patients with central venous catheters. *Pediatr Hematol Oncol* 2002;19:173-9.
282. Dillon PW, Jones GR, Bagnall-Reeb HA, Buckley JD, Wiener ES, Haase GM; Children's Oncology Group. Prophylactic urokinase in the management of longterm venous access devices in children: a Children's Oncology Group study. *J Clin Oncol* 2004;22:2718-23.
283. Frattino G, Molinari AC, Parodi S, Longo S, Saracco P, Castagnola E, Haupt R. Central venous catheter-related complications in children with oncological/hematological diseases: an observational study of 418 devices. *Ann Oncol* 2005;16:648-54.

284. Kethireddy S, Safdar N. Urokinase lock or flush solution for prevention of bloodstream infections associated with central venous catheters for chemotherapy: a meta-analysis of prospective randomized trials. *J Vasc Access* 2008;9(1):51-7.
285. Giangregorio M, Mott S, Tong E, Handa S, Gauvreau K, Connor JA. Management of peripherally inserted central catheters (PICC) in pediatric heart failure patients receiving continuous inotropic support. *J Pediatr Nurs* 2014;29(4):e3-9.
286. Bradford NK, Edwards RM, Chan RJ. Heparin versus 0.9% sodium chloride intermittent flushing for the prevention of occlusion in long term centralvenous catheters in infants and children. *Cochrane Database Syst Rev* 2015 Nov 23;11:CD010996.
287. Abdeyazdan Z, Sheikhan-Sudani E, Sadeghnia A, Talakoub S. Effect of using static ultrasound technique on peripherally inserted central catheters' insertion success rate in neonates in a neonatal intensive care unit. *Iran J Nurs Midwifery Res* 2014;19(6):643-6.
288. Fidler HL. The use of bedside ultrasonography for PICC placement and insertion. *Adv Neonatal Care* 2011;11(1):52-3.
289. Alonso-Quintela P, Oulego-Erroz I, Rodriguez-Blanco S, Muñiz-Fontan M, Lapeña-López-de Armentia S, Rodriguez-Nuñez A. Location of the Central Venous Catheter Tip With Bedside Ultrasound in Young Children: Can We Eliminate the Need for Chest Radiography? *Pediatr Crit Care Med* 2015;16(9):e340-5.
290. Lichtenstein DA. BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill. *Chest* 2015;147(6):1659-70.
291. Ong B, Gibbs H, Catchpole I, Hetherington R, Harper J. Peripherally inserted central catheters and upper extremity deep vein thrombosis. *Australas Radiol* 2006;50:451-4.
292. Prandoni P, Polistena P, Bernardi E, Cogo A, Casara D, Verlato F, Angelini F, Simioni P, Signorini GP, Benedetti L, Girolami A. Upper-extremity deep vein thrombosis. Risk factors, diagnosis, and complications. *Arch Intern Med* 1997;157:57-62.
293. Elman EE, Kahn SR. The post-thrombotic syndrome after upper extremity deep venous thrombosis in adults: a systematic review. *Thromb Res* 2006;117(6):609-14.
294. Wilson JD, Alred SC. Does prophylactic anticoagulation prevent PICC-related upper extremity venous thrombosis? A case-control study. *J Infus Nurs* 2014;37:381-5.
295. Akl EA, Ramly EP, Kahale LA, Yosunico VE, Barba M, Sperati F, Cook D, Schünemann H. Anticoagulation for people with cancer and central venous catheters. *Cochrane Database Syst Rev* 2014 Oct 15;(10):CD006468.

296. Ahn DH, Illum HB, Wang DH, Sharma A, Dowell JE. Upper extremity venous thrombosis in patients with cancer with peripherally inserted central venous catheters: a retrospective analysis of risk factors. *J Oncol Pract* 2013;9:e8-12.
297. Weber TM, Lockhart ME, Robbin ML. Upper extremity venous Doppler ultrasound. *Radiol Clin North Am* 2007; 45: 513-24.

ACTIVIDAD CIENTIFICA RELACIONADA

ACTIVIDAD CIENTIFICA RELACIONADA CON LA TESIS

1. Publicaciones en revistas internacionales

Artículo original

Menéndez JJ, Verdú C, Calderón B, Schüffelmann C, Gómez A, de la Cruz JJ, de la Oliva P. Incidence and risk factors of superficial and deep venous thrombosis related with the use of PICCs in children. J Thromb Haemost (Aceptado en agosto 2016. Pendiente publicación).

2. Publicaciones en revistas nacionales

Artículo de revisión

Menéndez Suso JJ. Factores de riesgo de complicaciones con los catéteres centrales de inserción periférica en niños. Continuum 2013.
<http://desarrollo-continuum.exlibrisediciones.com/screens/play/35#.UwE1vbT4J5u>

3. Comunicaciones en congresos Internacionales

Comunicaciones orales

Menéndez JJ, Calderón B, Gómez A, Schüffelmann C, Verdú C. "Utilidad de los ultrasonidos en la canalización de catéteres centrales de inserción periférica en niños". En: X Panamerican and Iberic Congress of Intensive and Critical Care Medicine y XXIX Congreso Nacional de la SECIP. 15-18 de Junio. Madrid. 2014.

Comunicación tipo póster

Menéndez JJ, Verdú C, Schüffelmann C, Gómez A, Calderón B. "Ultrasound guidance for bedside placement of peripherally inserted central catheter in pediatric patients." En: 8th Winfocus World Congress. 20-23 Octubre. Barcelona 2012.

4. Comunicaciones en congresos nacionales

Ponencias

Menéndez JJ. “Acceso venoso central ecoguiado en la UCI de Pediatría”. En: VI Congreso Nacional de Equipos de Terapia Intravenosa. 28-30 de Abril. Zaragoza 2015.

Menéndez JJ. “Uso de los ultrasonidos en pediatría y neonatología para la canalización de CVC y PICC”. En: V Congreso Nacional de Equipos de Terapia Intravenosa. 12-17 Noviembre. Madrid 2011.

Comunicación tipo póster

Menéndez JJ, de la Serna O, Verdú C, Gómez A, Calderón B, Schüffelmann C, Barrio MI. “Eficacia y seguridad de los catéteres centrales de inserción periférica (PICCs) para la administración de antibióticos en niños con fibrosis quística”. XIII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Fibrosis Quística. 5-7 Noviembre. Madrid 2015.

ANEXO

1. Informe del Comité de Ética e Investigación Clínica (CEIC) del Hospital Universitario La Paz con la aprobación del estudio.
2. Consentimiento informado por escrito.
3. Hoja de recogida de datos.
4. Protocolo de inserción ecoguiada de PICCs.
5. Protocolo de mantenimiento de PICCs.
6. Plan de cuidados del PICC en planta.
7. Plan de cuidados del PICC en el domicilio.
8. Carta de aceptación y artículo original: Menéndez JJ, Verdú C, Calderón B, Schüffelmann C, Gómez A, de la Cruz JJ, de la Oliva P. Incidence and risk factors of superficial and deep venous thrombosis related with the use of PICCs in children. J Thromb Haemost (Pendiente publicación).

